Проф. М. Г. ЦЕНТНЕРШВЕР

ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ

С 83 РИСУНКАМИ

2-ое ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНОЕ ХИМИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ В. С. Н. Х.
ЛЕНИНГРАД
1927

Проф. М. Г. ЦЕНТНЕРШВЕР

ОЧЕРКИ ПО ИСТОРИИ ХИМИИ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЛЕКЦИИ

С 83 РИСУНКАМИ

2-ое ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНОЕ ХИМИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ В. С. Н. Х.
ЛЕНИНГРАД
1927

Ленинградский Гублит 25558. 20½ лист. Тираж 3000.

Типография „Химтехиздата". Разъезжая, 43.



П. И. ВАЛЬДЕН

ПОСВЯЩАЕТСЯ

МОЕМУ ЛЮБИМОМУ УЧИТЕЛЮ

ПАВЛУ ИВАНОВИЧУ

ВАЛЬДЕНУ

ОГЛАВЛЕНИЕ.

СТРАН.

Предисловие 9 — 10

Лекция I.

Химия у древних народов.—Начала алхимии.

Естественные и бумажные науки. — Народные университеты на Западе. Цель настоящих лекций. — Где и когда зародилась химия. — Изобретение огня. — Эпохи в истории человеческой культуры. — Металлы. — Золото и железо. — Как делались изобретения в древности. — Египетские стеклодувы. — Философия греков. — Аристотель. — Начало науки об элементах. — Гален. — Элементы человека. — Философский камень. — Моисей — первый алхимик. — Зачатки веры в превращение металлов. — Происхождение названия алхимии. — Гебер 11 — 28

Лекция II.

Искусство изготовления золота.—Аптекари и врачи.

Взгляд на прошлое. — Алхимия и алхимики. — Общая их характеристика. — Их судьба. — Их ошибки. — Методы, применявшиеся ими. — Очищение веществ. — Перечисление вновь открытых тел. — Влияние химии на развитие теоретических воззрений. — Практические завоевания. — Изобретение фарфора. — Начала врачебной химии. — Ятрохимия. — Парацельз. — Ван-Гельмонт 29 — 54

Лекция III.

Флогистон и ниспровержение его Антоном Лавуазье.

Периоды в истории химии. — Характеристика отдельных эпох. — Химия вступает в новейший период. — Происхождение и значение академий. — Химическая лаборатория времен флогистона. — Основы химической системы. — Газы дают начало пневматической химии. — Открытие важнейших газов. — Химическая система, основанная на принципе происхождения (генетическая система). — Бойль — отец аналитического искусства. — Огонь, рассматриваемый, как химическое явление. — Что пред-

СТРАН.

ставляя собою флогистон. — Отрицательный вес. — М. В. Ломоносов. — Лавуазье. — Его молодость. — Госпожа Лавуазье. Объяснение отдельных явлений при помощи теории горения.— Горение есть не разложение веществ, а соединение горючих тел с кислородом. — Дальнейшие труды Лавуазье. — Его политические воззрения. — Обвинение и казнь . 55 — 83

Лекция IV.

Сэр Гемфри Дэви и его служитель.

Взгляд на пройденное. — Элементы и соединения. — Постоянство массы. — Этот принцип не является априорным. — Понятие элемента. — Химическая систематика. — Окислы: основания и кислоты. — Значение воды. — Соли, как соединения оснований с кислотами. — Дальнейшее развитие систематики. — Влияние физики на развитие химии. — Открытие Вольты. — Г. Деви. —Его жизнь. — Научные заслуги. -Royal Institution.—Михаил Фарадэй. — Поступление в лабораторию Дэви. — Путешествие по Европе. — Труды Фарадэя и их результаты. — Электрохимия. 84 — 107

Лекция V.

Два приятеля.

Ярмарка в Дармштадте. — Молодые годы Либиха. — Приключения в школе. — В обучении у аптекаря. — Студенческие годы. — Париж. — Опыты с взрывчатыми солями. — Анализ гремучей кислоты. —Циановая кислота Велера. — Берцелиус в качестве судьи. — Приглашение Либиха в Гиссен. — Переворот в обучении химии. —.Его последствия. — Элементарный анализ. — Примирение с Велером. — Искусственное получение мочевины. — Конец „жизненной силы“. — Чем занимается органическая химия? — Радикал. — Влияние Либиха в земледелии. — Дружба с Велером 108 — 126

Лекция VI.

Врач и пивовар.

Откуда происходит теплота горения?- Ответ флогистиков.—Пневматическая теория не была в состоянии ответить на этот вопрос. — Исчезновение и возникновение теплоты: a) при затвердении и плавлении; b) при испарении и ожижении. — Теплота от трения. - Опыты Румфорда и Дэви. — Опыт Тиндалля и вытекающие из него следствия. — Ниспровержение вещественной теории тепла. — Джауль и Майер. — Жизнь и научная деятельность Джауля. — Путешествие Майера в Индию. — Судьба первой работы Майера. Борьба. — Что такое энергия? — Виды ее. — Ее превращения. - Психическая энергия 127 —144

Лекция VII.

Мир атомов.

Три ступени в истории развития наук. — Период наблюдений. Описательная наука. — Рациональная наука. — Как открываются законы природы? — Примеры из истории химии. — Анализ в науке. — Способ изложения законов природы. — Что такое законы природы? — Принцип экономии в науках. — Законы и гипотезы. — Основной вопрос атомистической гипотезы. — Однородные и неоднородные тела. — Смеющийся философ. — Что такое атом? — Неделимы ли атомы? — Атомы и модели. — Расширение. — Растворение. — Химические соединения. Атомы и молекулы. — Физика и химия. — Стехиометрические законы. — Веньямин Рихтер и Луи Пру. — Джон Дальтон. — Атомные веса. — Авогадро. — Абсолютная величина атомов и молекул . 145—174

Лекция VIII.

Расцвет органической химии и его практические последствия.

Роль гипотезы в науке. — Состояние органической химии после Либиха и Велера. — Типы. — Метан. — Валентность. — Продукты замещения. — Бензольное кольцо. — Неизменяемость углеродного скелета. — Формулы строения, как символы. — Вопрос об изомерии. — Бутлеров. — Синтезы Бертело. — Практические результаты. — Байер. — Его заслуги в деле научного образования техников. — Фишер. — Сахары. — Группа мочевой кислоты. — Протеины. — Перспективы синтеза белковых тел. — Ненцкий 175—200

Лекция IX.

Вант-Гофф и Оствальд—реформаторы современной химии.

Отношение физики к химии. — Вант-Гофф. — Углеродный тетраэдр. — Дальнейшая судьба стереохимии. — Исследования в области химической динамики. — Осмотическое давление и теория растворов. — Приглашение Вант-Гоффа в Берлин. — Стассфуртские копи. — Молодость Оствальда. — Заслуги перед Рижским Политехническим Институтом. — Сродство. — Крепость кислот. — Углекислый свинец и уксусная кислота. — Исследование химического сродства кислот. — Значение работ Оствальда. — Сванте Аррениус и учение об электропроводности растворов солей. — Сближение Оствальда с Аррениусом. — 1887 год. — Гипотеза ионов. — Возражения против нее и их опровержение. — Электро-химические работы Оствальда и его учеников.—Личность Оствальда.—Новый институт

стран.

физической химии в Лейпциге.—Каталитические работы.—Заслуги в систематике. — Учебники и „Школа химии". — Натурфилософия. — Отставка. — Муассан. — Фтор. — Электрическая печь. — Карбиды. — Искусственное получение алмазов . 201 245

Лекция X.

Новые элементы. Радиоактивность.

Предположение о сложном строении элементов. — Первые попытки обнаружить периодичность в свойствах элементов. — Дмитрий Иванович Менделеев. — Периодическая система элементов. — Вильям Рамзай. — Нулевая группа или благородные газы. — Новые лучи. — Супруги Кюри. — Полоний. — Открытие радия в урановой обманке. — Актиний. — Свойства радия. — Образование теплоты. — Химические действия. — Физиологические действия. — Активный осадок и эманация. — Лучи α, β, γ. — Разложение радия.—Спинтарископ.—Дальнейшая судьба эманации.—Родословная радия. — Другие радиоактивные элементы. — Трансмутация элементов. — Новейшие исследования 246 298

Лекция XI.

Современная алхимия.

Век химии. — Превращаемость элементов. — Последний потомок радия. — Радиосвинец и обыкновенный свинец. — Что такое изотопы — Уплотнение периодической системы элементов. — Плеяды радиоактивных элементов. — Возрождение гипотезы Проута. — Несколько слов о „канальных лучах". — Массовый спектрограф.—Открытия Астона.—Таблица изотопов.— Попытки разделения изотопов. — Строение атомов. — Гипотеза Ретчерфорда. — Природа рентгеновых лучей. — Спектры рентгеновых лучей. — Закон Мозли. — Порядковые числа элементов. Проверка периодической системы. — Атом Бора. — Бомбардировка атомов α-лучами. — Лучи—H. — Образование водорода из азота. — Из других элементов. — Разрыв атомов вольфрама при 20000°. — Золото из ртути. — Ртуть и таллий из свинца. — Теоретические соображения 299—322

Заключение 323—324

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Весною 1906 г. в Риге были устроены курсы по различным отраслям наук для широких кругов. „Очерки по истории химии“ явились введением в систематическое изучение физики и химии.

В 1908 г. читанный мною курс был издан на польском языке. Благосклонные отзывы печати, а равно и несомненный интерес публики к моим „Очеркам“ возбудили во мне желание сделать эту книжку доступной и для русской публики. Издательство „Матезис“ с чрезвычайной любезностью пошло навстречу этому желанию, и таким образом „Очерки“ появились в свет.

В сравнении с польским изданием русское отличалось тем, что последняя глава о радии значительно расширена, сообразно с растущим познанием этого таинственного элемента и его собратьев. Кроме того, я воспользовался указаниями критики и некоторых товарищей и сделал в первоначальном тексте некоторые частичные изменения.

Желая заслужить снисхождение читателя и вместе с тем оградить себя от стрел сурового критика, я считаю нужным тут же указать, что предлагаемые „Очерки“ не отличаются полнотою и не опираются на первоисточники.

Полными эти очерки не могут быть в виду того, что в узких рамках десяти лекций немыслимо вместить полную картину такой обширной науки, какою является история химии. Поэтому приходится выбирать те или иные отдельные эпизоды. Такой выбор, в сущности, всегда будет произвольным, хотя и не всегда удачным.

Равным образом предлагаемый труд не может опираться на первоисточники, ибо жизнь одного человека слишком кратковременна для обстоятельного исследования истории химии от ее зарождения до последних открытий, от первоначальных попыток плавления на Востоке до новейших опы-

тов с лучеиспускающей материей на Западе. Кто хочет охватить целое, должен заимствовать у других и вместо первоисточников изучать то, что о них написано. В конце каждой главы я привел те книги, из которых я заимствовал содержание лекций.

В истории науки мы находим немного эпох, столь изобилующих открытиями первостепенной важности, как последнее десятилетие прошлого века и первое десятилетие текущего. Но распространению знаний вглубь не всегда соответствует распространение их вширь. Здесь необходимо разделение труда. Кроме тружеников-исследователей необходимы люди, которые придавали бы этим исследованиям доступную форму.

Не следует забывать, что культура измеряется не только своей глубиною, не только ученостью отдельных лиц, но и шириной распространения, т.-е. количеством лиц, охватываемых культурой. Поэтому популяризация науки составляет самую насущную потребность нашего времени, тем более ощутительную, чем шире пробел между знанием профессиональных ученых и культурой народных масс.

Предлагаемый труд представляет посильный вклад в этом направлении.

Форму лекций я оставил без изменения, полагая, что такая форма более привлекает внимание читателя, чем описательная: в ней сохраняется доля того индивидуального влияния, какое оказывает на слушателей живая речь. То же самое я имел в виду, прилагая описание опытов и рисунки.

В заключение я считаю приятным долгом выразить свою искреннюю признательность моему высокопочитаемому учителю Павлу Ивановичу Вальдену, подавшему мне мысль прочитать этот курс, и г. И. Л. Левинтову, вложившему много труда в 1-ое русское издание „Очерков“.

Второе издание настоящей книги дополнено XI-ой лекцией „О современной алхимии“. Оно тщательно пересмотрено и исправлено. Редактору Научного Химико-Технического Издательства, профессору М. А. Блох, вложившему много труда во второе издание настоящей книги, считаю приятным долгом выразить глубокую благодарность.

М. Г. Центнершвер.

Рига, декабрь 1926 г.

ЛЕКЦИЯ I

Химия у древних народов. — Начала алхимии.

Естественные и бумажные науки. — Народные университеты на Западе. — Цель наших собраний. — Где и когда зародилась химия. — Изобретение огня. — Эпохи человечества. — Металлы. — Золото и железо. — Как делались изобретения в древности. — Египетские стеклодувы. — Философия греков. — Аристотель. — Начало науки об элементах. — Гален. Элементы человека. — Философский камень. — Моисей — первый алхимик. — Истинные зачатки веры в превращение металлов. — Происхождение названия алхимии — Гебер.

Счастливая, невозвратная пора детства неразрывно связана в моем воспоминании с чувством неприязни к школе; не к преподавателям, среди которых были способные педагоги и выдающиеся личности,— обреченные на гибель остатки минувшей эпохи,— а именно, к самой школе, к ее системе обучения и воспитания. Надо сознаться, что из за родителей и опасаясь наказания, я добросовестно исполнял все свои ученические обязанности, но, в сущности, гораздо охотнее проводил бы время с товарищами на свободе.

Но вот по окончании гимназии я отправился в Лейпцигский университет. Здесь сразу изменилось положение дел. Вдали от зоркого родительского ока, ничем не стесняемый, я был прилежным студентом, хотя право слушания лекций оплачивалось довольно значительной суммой, а, как известно, для юноши открыты многочисленные пути использования имеющейся наличности. Признаюсь чистосердечно, что в данном случае мною руководило не сознание, а искреннее желание учиться.

Чем объяснить такую внезапную перемену?

Причину ее можно искать либо во мне самом, либо в предмете моих занятий. Трудно поверить, чтобы в человеке произошла такая резкая перемена, вероятнее всего она явилась следствием разницы в характере проподаваемых мне наук. Эту разницу охарактеризовал в свойственной ему резкой форме один ученый, деятельность которого, как увидим дальше, оказала решительное влияние на развитие современной химии; он разделил весь комплект наук на 2 категории: естественных и бумажных наук.

Применяя эту характеристику к данному вопросу, мы можем назвать бумажными большинство предметов, преподаваемых в средней школе, предметы же университетских лекций отнести преимущественно к естественным наукам. Конечно, понятие естественных наук здесь следует понимать в гораздо более широком смысле, чем принято в общежитии, а именно, нужно причислить к ним не только науку об окружающей нас живой и мертвой природе, но также науку о человеке, как частице природы, о его душе, об истории человечества, о взаимных отношениях людей и т.-д.

К сожалению, это познание, как и многие другие прекрасные цели, не легко достигается. Желая проникнуть в область естественных наук, необходимо пройти длинный, тернистый путь бумажных наук. Горе тому, кто пытается обойти этот путь и стремится к той же цели по другому, более короткому и простому: непроходимым препятствием на его пути будет отсутствие аттестата „зрелости".

Однако, в Западной Европе издавна уже пришли к убеждению, что этому необходимо помочь. Особенно в последние десятилетия, когда, благодаря своему блестящему развитию, естественные науки стали необходимой составной частью всякого общего образования, все сильнее замечается стремление распространять результаты этих наук среди широких слоев общества. Таким образом появились на Западе и в Америке те рассадники общедоступных знаний, которые под именем народных университетов за весьма непродолжительное время приобрели себе право гражданства. Цель их — дать возможность ознакомиться с плодами современной науки тем лицам, которые этого желают не из материальных расчетов, а для удовлетворения жажды истины.

Ту же цель преследовала комиссия, устроившая настоящие лекции. Она не представляет пока народного университета в западно-европейском смысле слова, но является зародышем, из которого он может развиться нашими совместными усилиями.

Очевидно, что, когда речь идет о естественных науках, нельзя оставить без внимания химию, как самую основную отрасль точных наук и вместе с тем наиболее пренебрегаемую в средней школе. Но в то время, как остальные естественные науки ставят сравнительно скромные требования, химия является наиболее требовательной их них. Она не довольствуется кружком слушателей и лекционным залом.

Для лекции ей необходима природа: не свободная природа — леса и луга, горы и долины — а природа, побежденная человеком и заключенная в бутылочки и реторты, та природа, которую мы получаем в химической лаборатории.

Вот почему Вы приглашены в это здание, где целые поколения собирали приборы для собственных исследований и для обучения других.

А теперь позвольте мне перейти к собственной цели наших собраний: к изучению тех вопросов, какие должна решить химия, средств, применяемых при этой работе, и получаемых из нее результатов. Этой цели можно достигнуть двумя главными путями.

Для первого исходной точкой является окружающая нас природа: исследуя подробно происходящие в ней химические явления, мы открываем общие законы, которым эти явления подчиняются. Второй путь обращается к покрытым мраком началам человеческого познания и изучением постепенного развития химических сведений и понятий достигает современного состояния науки.

Оба пути ведут к той же цели. Каждый из них имеет свои преимущества и свои недостатки. Оба они взаимно дополняют друг друга, и, сравнивая их, мы можем составить себе ясное понятие о сущности каждого из них.

Прежде всего является вопрос, к какой эпохе человеческой истории следует отнести появление химии. Ответ на этот вопрос, очевидно, зависит от нашего взгляда на химию.

Если мы, следуя общепринятой терминологии, будем называть химией способность вызывать химические превращения, то необходимо прийти к заключению, что химия не имеет вовсе начала, ибо химические явления происходят беспрерывно не только в человеческом организме, но и во всех животных организмах, во всех растениях, не исключая и мельчайших существ; при том, явления эти чрезвычайно сложны. Прекращение этих явлений означает смерть. Тем не менее никто ведь не станет утверждать, что всем живым существам знакома химия.

Дело в том, что все эти превращения мы совершаем бессознательно; в процессе пищеварения, выделения соков и прочих явлениях наша воля не принимает участия.

Итак, необходимо изменить содержание данного вопроса.

Необходимо искать начала химии там, где впервые встречаются сознательно вызванные химические явления; но даже при такой измененной постановке вопроса, мы должны обратиться к отдаленному прошлому гораздо глубже, чем проникают исторические сказания.

Первое химическое явление, сознательно примененное человеком,— это огонь, горение. Открытие этого могучего фактора цивилизации относится, без сомнения, к самой древней эпохе развития человеческого рода. Каким образом оно совершилось,— относительно этого мы можем лишь высказать произвольные предположения.

Известный греческий миф приписывает изобретение огня Прометею, человеку божественного происхождения. Благодаря этому, он, как, впрочем, многие из его современников, пользовался правом пребывать среди богов. Но и с людьми он был связан крепкими узами. Прометей похитил огонь у богов и приподнес его в дар человечеству. За это боги жестоко отомстили ему.

Прикованный к скалам Кавказа, он стал жертвой орла, который беспрестанно клюет его все вновь вырастающую печень.

Это, конечно, сказка, каких не мало. Но если мы попытаемся найти в ней следы действительности, то придется заключить, что первый огонь сошел на землю с неба. И вполне вероятным окажется, что он снизошел в виде молнии, которая вызвала пожар одного из первобытных лесов, покры-

вавших в то время значительную часть суши. И, действительно, геологические исследования свидетельствуют о многочисленных пожарах в доисторический период и тем подтверждают сделанное выше предположение.

Не подлежит сомнению, что первобытный человек вскоре узнал благодетельную силу огня, покоренного и оберегаемого человеком; воспользовавшись случаем, он построил места для постоянного сохранения огня. Воспоминанием этого знаменательного исторического факта являются храмы древних весталок, литовские алтари Знича и множество обычаев, сохранившихся до настоящего времени у европейских народов. Искусство добывания огня, конечно, гораздо более позднего происхождения, хотя в настоящее время оно в более или менее первобытном виде известно даже самым диким народам, которые прибегают к трению двух кусков дерева или высекают искру из камня.

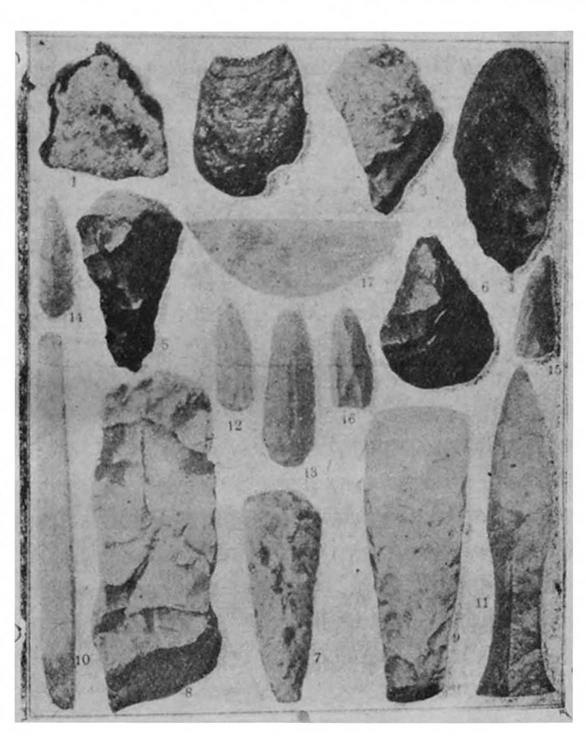


Рис. 1. Каменные инструменты доисторической эпохи человечества.

После этого чрезвычайно важного изобретения, давшего людям возможность защиты от холода и более рационального приготовления пищи, протекли целые столетия, пока химические знания подвинулись вперед. Человек в ту пору не был требователен. Жил он в пещерах, питался дичью, пойманной на охоте, одевался в шкуры убитых животных. Материалом для выделки предметов домашнего обихода, инстру-

ментов, необходимых для этих изделий. и, наконец, для идолов, которых, впрочем, люди более опасались, чем почитали, служил, главным образом, камень. Раскопки последнего времени, рисуя нам полную картину культуры той эпохи, свидетельствуют о том, что, кроме дерева и кости, камень был единственным материалом, применявшимся для самых разнообразных целей, отчего и вся эта эпоха получила в геологии и антропологии название „каменного века“

И вполне естественно, так как природа доставляет нам камни в состоянии, годном для непосредственного употребления; камень требует лишь механической обработки, а не химического воздействия. Но по мере того, как стали возрастать некоторые потребности в роскоши, появилось стремление применять и другие материалы для выделки инструментов, оружия и предметов украшения. И таким образом, вероятно, возникли случайные попытки увеличить число этих материалов посредством превращения одних веществ в другие

Из числа веществ подобного рода, существующих в природе не в виде, пригодном для непосредственного употребления, но требующих искусственной обработки, главное значение имеют **металлы**. Открытие и применение отдельных металлов оказало столь решительное влияние на ход культуры человеческого рода, что антропологи сочли возможным назвать их именами эпох, следующих за каменной. И таким образом произошли названия „бронзового“ и „железного“ века, по металлам, вошедшим тогда в употребление.

Какая из этих двух эпох была раньше, — на этот вопрос наука еще не ответила положительно. В прежние времена считали более ранней бронзовую эпоху, в новейшее же время были приведены веские доказательства в пользу старшинства железной эпохи. Впрочем, возможно, что обе эти эпохи в различных местностях следовали одна за другой не в одном и том же порядке.

Число металлов, известных уже доисторическому человеку, невелико. И это вполне понятно. Но замечательно то, что число этих известных металлов осталось без изменения вплоть до средних веков. Ни древние времена, ни первые века после Рождества Христова не прибавили ни одного нового металла. Вообще, можно сказать, что практические сведения

из области химии не подвинулись до IV-го века после Рождества Христова из того состояния, в котором они находились, примерно, в древнем Египте.

Полагаю, что не будет слишком трудно запомнить эти металлы. Вот они: золото, серебро, медь, железо, олово, свинец, ртуть.

Кроме того были известны и некоторые сплавы меди: сплав меди с оловом — бронза — и сплав меди с цинком — латунь.

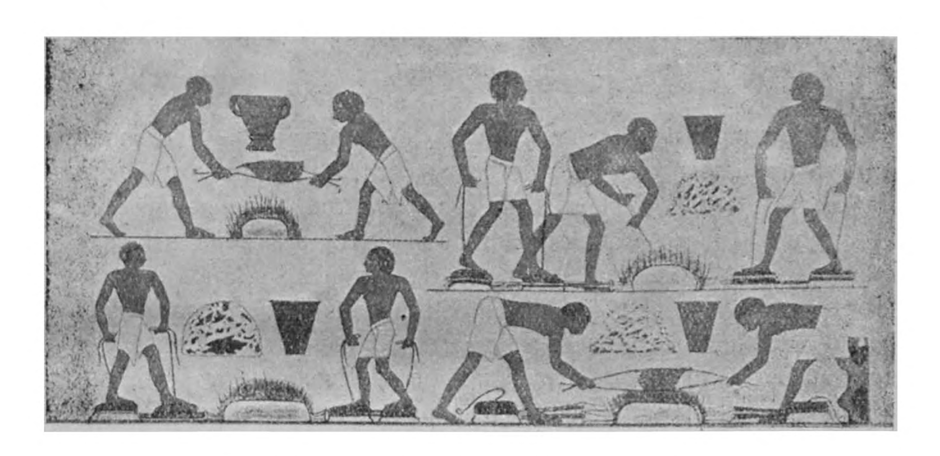


Рис. 2. Выплавка золота в древнем Египте.

Бесспорно раньше других металлов было известно золото, признанное королем металлов. Этот металл находится в природе в свободном состоянии и не требует, подобно другим металлам, заводской обработки. Древнейшие золотые копи находились в Нубии и Индии, где этот металл встречается в виде осевших в камнях прекрасных блестящих кристаллов или же в виде мелких зерен, перемешанных с речным песком.

Отделение зернышек золота от песка совершается посредством весьма простой манипуляции, известной под названием промывки. Вот у меня в бутылочке искусственно приготовленная смесь песка с медными опилками. Если эту смесь всыпать в высокий цилиндр, наполненный водою, то прежде всего на дне оседает медь, как более тяжелая, а затем только песок, смотря по толщине зерен. Пропуская через

цилиндр струю воды из водопровода, можно выполоскать песок и получить чистый медный порошок, который вы видите перед собою.

Таким же приблизительно образом происходила промывка золота в те отдаленные времена. И точно так же она совершается еще и в настоящее время в тех местностях, где этот метод промывки не заменен другими, более точными химическими методами.

Итак, получение золота не представляло больших затруднений. Равно и плавление совершалось весьма простым способом в маленьких плоских печах, в которые помощью мехов вдувался воздух для получения более высокой температуры.

Многим из вас неоднократно приходилось слышать про этот „золотой век" человечества. С этим старинным преданием связана вера в то, что золотой период еще вернется на землю. Какое влияние оказала эта вера на дальнейшую судьбу химии, — вскоре обнаружится. В действительности же этот период, должно быть, отличался большим убожеством. Люди этой эпохи испытывали, вероятно, то же чувство нужды, какое испытывал король Мидас, которого, согласно греческому мифу, бог солнца одарил способностью превращать своим прикосновением все предметы в золото. Когда король одевался, одежда его превращалась в золото, подавлявшее его своею тяжестью; пища, к которой он прикасался, становилась золотом, непригодным для еды. И вот король, бедный богач, стал просить бога солнца взять у него обратно дар, к которому он так стремился. Просьба его была исполнена, но в наказание и назидание Мидас получил ослиные уши. Его судьба, однако, не удержала многих других людей от погони за той же утопией.

Значит, и люди „золотого века" не были особенно счастливы. И подлинно: золото — весьма почтенный металл, пока хранится в шкапах; но оно менее других металлов пригодно для обыденного употребления. В этом отношении железо обладает гораздо более ценными свойствами. Но этот столь важный в культурном отношении металл редко встречается в природе в чистом состоянии. Единственным источником природного железа являются метеориты, осколки небесных тел, падающие по временам на землю. Метеорное железо, по

всей вероятности, впервые познакомило людей с ценными свойствами этого металла.

На это указывает хотя-бы египетское название железа „baaenepe" (что означает: небесного происхождения) и греческое слово „σίδηρος". Однако, количество природного железа весьма незначительно. Большая его часть получается из руд помощью заводских процессов, и среди этих руд наиболее важной является магнитная железная руда.

Превращение этой руды в железо представляет довольно сложный химический процесс, при котором в настоящее время заняты сотни тысяч людей. В те отдаленные времена, о которых здесь идет речь, он совершался на открытом огне, отчасти также в плоских печах, питаемых воздухом из мехов. В этих печах нагревали руду с дровами и получали, смотря по способу производства этой операции, железо или сталь.

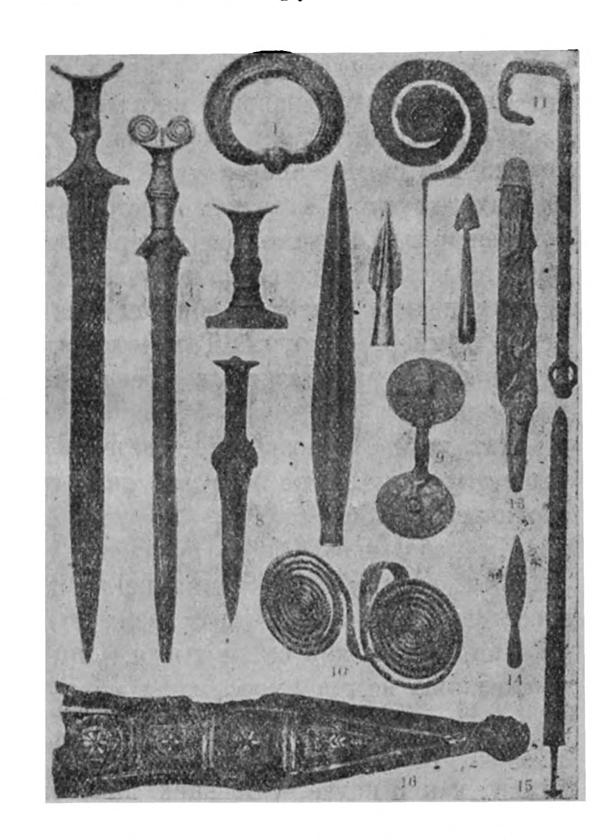


Рис. 3. Оружие и предметы украшения из бронзы.

Древний Египет особенно изобиловал подобного рода печами, на что указывает следующий отрывок из ветхого завета: „Вас же взял господь и вывел из железной печи, т. е. из Египта". Новейшие раскопки, произведенные Флиндерсом-Петри, позволяют предполагать, что железо было известно египтянам уже за 3400 лет до Рождества Христова.

Кроме железа, важнейшими металлами являлись медь и олово, а также сплав обоих — бронза, первый известный металлический сплав. Они также не находятся в природном состоянии, а получаются из руд помощью заводских процессов, не отличающихся существенно от процессов получения железа и стали. Что же касается, в частности, бронзы, то всем известно, каким распространением она пользовалась в древности, да пользуется еще и в настоящее время для выделки предметов искусства. Таким образом, этот сплав имел выдающееся значение в развитии культуры.

Перечисленные раньше металлы вместе с небольшим числом производных тел, получаемых сжиганием металлов на воздухе или сплавлением с серой, или же, наконец, действием на них уксуса в холодном состоянии, исчерпывают почти совершенно количество тел, которые люди в те времена умели приготовлять искусственным путем. Они служили для различных целей, главным образом для лечения и придания искусственной красоты. Так, например, свинцовые белила и киноварь применялись в древнем Риме в качестве белил и румян.

Как видим, практические сведения из области химии были у древних народов, не исключая даже греков и римлян, весьма ограничены.

Их небольшой объем покажется нам особенно поразительным, если обратим внимание на то, что количество тел, известных нам в настоящее время и приготовляемых искусственно, составляет сотни тысяч, число же тел, которые мы по желанию всегда в состоянии образовать, хотя и не знаем их, — почти не ограничено.

Сопоставляя все эти данные, мы можем сказать, что о химии, как о науке, у древних народов не могло быть и речи. Она представляла собой ремесло, которым случайно занимались отдельные личности, передавая его по традиции из поколения в поколение. И в этом, именно, обстоятельстве можно усматривать причину того, что греки, питавшие отвращение ко всяким ремеслам, так мало занимались химией.

Предание об изобретении стекла, рассказанное Плинием Старшим, не соответствует, правда, действительности, но все же весьма характерно для выяснения того, каким способом в то время делались изобретения. По Плинию, стекло было изо-

бретено финикиянами. Финикийский корабль, нагруженный содою, причалил во время бури к устью реки Бела. Так как на морском берегу не было камней, то котлы для приготовления пищи были установлены на кусках соды. Каково же было изумление моряков, когда после обеда они нашли в песке прозрачную стеклянную массу.

Ловкие финикийские купцы применили это случайное открытие для приготовления стекла. И действительно, песок

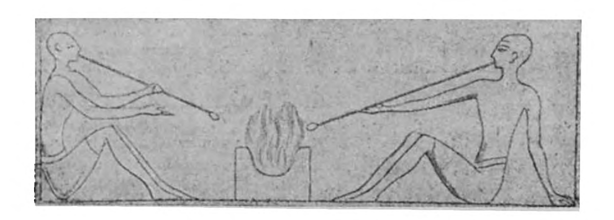


Рис. 4. Древне Египетские стеклодувы.

из устьев реки Бела долгое время считался самым подходящим для выделки стекла. Им пользовались не только появившиеся на месте стеклянные заводы, но и многие другие заводы.



Рис. Древне Египетские стеклодувы.

Эта история, как и много других сведений, рассказанных древними писателями, не заслуживает доверия. Но не подлежит сомнению, что искусство получения и выдувания стекла было известно уже египтянам, о чем свидетельствуют найденные на древних памятниках изображения людей, выдувающих стекло.

Таким образом, случай был единственным источником химических знаний древних народов, и это продолжалось до тех пор, пока появились первые попытки сопоставления единичных фактов в одно целое, первые попытки научного

объяснения химических явлений. Первые зачатки научной мысли должны были зародиться в древнем Египте.

Тщательные исследования египетских пирамид и, в частности, знаменитой пирамиды Хеопса, обнаружили поразительные научные сведения этого народа.

Но в Египте наука была не общим достоянием, а преимуществом одного лишь класса — духовенства. Жрецы старались из корыстных интересов держать ее в строжайшей тайне с целью изумлять невежественный народ мнимыми чудесами и колдовством.

Таким образом, вместе с исчезновением этой касты исчезла и их наука. И только демократизация науки дала ей возможность дальнейшего развития. А что в Египте, именно, следует искать источник всех научных знаний древнего мира, а следовательно, и начала химии, — об этом свидетельствует тот факт, что все греческие философы и ученые приобретали знания в путешествиях, конечной целью которых был всегда Египет. Они прибывали туда, подобно юноше из баллады Шиллера, влекомому в Саис искренним стремлением к знанию.

Здесь они старались заслужить доверие духовенства и приобретенные сведения привозили затем на родину; этим путем таинственная египетская наука была занесена в Грецию, а оттуда в Рим.

Греки были гораздо демократичнее египтян; они охотно распространяли свои знания, основывали училища, писали сочинения, сохранившиеся, как свидетельство их образованности.

Самым выдающимся из греческих философов природы был бесспорно Аристотель, родившийся в Стагире в 384 г. и умерший в 332 г. до Рождества Христова.

В своих сочинениях он старался объединить и обобщить всю естественную науку того времени. Влияние его сочинений и слепая вера в их безошибочность удержались вплоть до конца средних веков, что в сильной мере тормозило развитие свободной науки, которая не признает ни догм, ни безошибочных авторитетов.

Прежде всего Аристотель является отцом учения о четырех элементах природы. Хотя в понятии Аристотеля элемент представлял нечто совершенно отличное от того, что под этим именем подразумевает современная наука, все же происхожде-

ние этого понятия чрезвычайно характерно для выяснения первоначального понимания природы.

С точки зрения наивного Аристотелевского эмпиризма источником наших впечатлений являются не *тела*, а их *свойства*. И именно свойства тел действуют на наши чувства. Аристотель различает четыре первоначальных свойства, названные им элементами:

тепло, холод, сухость, влажность.

От соединения этих свойств в различных взаимных отношениях получаются всевозможные тела с самыми разнообразными частными свойствами. Например:

тепло + сухость огонь
тепло + влажность = воздух
холод + сухость = земля
холод + влажность = вода.

Огонь, воздух, земля и вода — вот те тела, которые часто принято называть элементами *Аристотеля*; как видно из изложенного, это неверно, так как Аристотель считал элементами не тела, а свойства тел.

На основании теории четырех элементов Аристотелю удалось объяснить некоторые явления природы, например, кипячение воды.

Из повседневного опыта известно, что вода, будучи нагрета, начинает кипеть и, наконец, улетучивается. Аристотель считал кипение превращением воды в воздух и объяснял это явление тем, что вода, тело влажное и холодное, от нагревания превращается в тело влажное, но теплое, а этому условию, как видно из приведенной таблицы, соответствует воздух.

Было, правда, достаточно явлений и фактов, не умещавшихся в приведенной схеме, но это по взглядам греческого философа не могло поколебать достоинства его теории, так как по тогдашним воззрениям не мысль должна была приспособляться к природе, а, напротив, природа должна была подчиняться человеческой мысли. Но, несмотря на это, даже сам Аристотель не мог не признать, что число элементов слишком мало. И вскоре он присоединил к известным четырем элементам еще один — неопределенный. Этот элемент получил название пятого элемента, по-латыни quinta essentia. Отсюда

произошло впоследствии выражение квинтэссенция, игравшее важную роль в изысканиях средневековых алхимиков и сохранившееся до настоящего времени. В системе Аристотеля оно обозначало нечто духовное, нечто в роде эфира.

В применении к человеку теорию природы Аристотеля усовершенствовал греческий врач Клавдий Гален, родившийся в 121 г. после Рождества Христова. По его взглядам, человек состоит из тех же четырех элементов, как и прочие тела природы. В здоровом организме эти элементы должны находиться в строго определенном отношении. Горе тому, у кого является излишек или недостаток какого-либо из них.

Последствия такого неправильного отношения ощущаются весьма неприятно в виде различных болезней и недугов. Отсюда вытекает простой способ лечения последних: следует только искусственно ввести в организм тот элемент, недостаток которого вызвал болезнь. Вот первая попытка уяснить себе сущность болезней и первое начало рационального лечения. Воззрения Галена отразились в учении о темпераментах: флегматическом, сангвиническом, холерическом и меланхолическом. Это учение пережило философию Аристотеля и, как увидим впоследствии, пользовалось одобрением врачебных сфер еще в начале новейшего времени.

В настоящее время нас удивляет детская наивность людей науки того времени, строивших смелые теории и философские системы, не заботясь нисколько о тех многочисленных опровержениях, которые эти теории встречали в жизни. Но не подлежит сомнению, что эти первые зачатки химических знаний представляли тот зародыш, из которого впоследствии выросли великие дела, поражающие нас в настоящее время. Правда, — и я обращаю на это ваше особенное внимание, — это развитие химических знаний стало возможным не благодаря дальнейшей разработке идей Аристотеля, не благодаря философии и метафизике, но благодаря исканию новых основных фактов, открытию новых тел и усовершенствованию способов превращения одних тел в другие. Стремление распространить практические знания химии не могло появиться без материального импульса. Это стремление не выразилось бы со столь непреодолимой силой, если бы не было манящей цели, для достижения которой гений и талант не щадили труда. Химическое искусство должно было из случайных

попыток превратиться в планомерную работу. И вот возникает ясно выраженная, заманчивая цель этой науки под именем „философского камня“.

Что же представлял собою этот камень? Почему к нему так стремились и какими путями старались его найти?

Собственно говоря, это был не камень, а жидкость, некоторого рода элексир, обладающий чудодейственными свойствами. Главное его свойство заключалось в том, что незначительной доли этого элексира было будто бы достаточно для превращения бесконечно больших количеств неблагородных металлов, как-то железа, меди и др., в благородные — в золото и серебро. Более того: философский камень будто-бы лечил болезни, одарял употреблявших его долговечностью, злых людей превращал в добрых, грешников в добродетельных, скупцов в тароватых. Он делал глупцов умными, печаль заменял весельем. Воистину, это был драгоценный элексир! И не удивительно, что господствовавшая тогда абсолютная вера в его действительное существование возбудила в стольких людях непреодолимое желание приобрести его какой бы то ни было ценою. Каким образом появилась эта вера? Откуда и когда пришла? Позднейшие алхимики — так назывались искатели этого драгоценного камня — старались, подобно получившим дворянство выскочкам, вывести свое происхождение от древнейших поколений, охотнее всего от библейских личностей.

Так еще Моисей был алхимиком, так как он превратил горькую воду пустыни в сладкую, а также потому, что, рассердившись на детей Израиля, превратил их золотого тельца в жидкость, которую велел им пить. Кто был в состоянии золотого тельца превратить в жидкость, тот может и обратно из жидкости получить золото, т. е. является алхимиком.

Не останавливаясь, однако, на подобного рода шутках, которые, впрочем, в средние века принимались серьезно, — мы в праве утверждать, что мысль о превращении металлов в золото должна была существовать издавна. Мечта о пришествии на землю золотого века отражается, как мы видели, в самых разнообразных сказаниях доисторических времен. Но и факты, казалось, доставляли веские доказательства возможности осуществления этой мысли. Прежде всего — образование металлических сплавов.

Нагревая в фарфоровом тигле смесь 9 частей меди и 1 части олова, я получаю сплав, обладающий, как вы видите, совершенно другими, а именно, более ценными свойствами, чем медь или олово. После шлифовки этот сплав приобретает блеск на подобие блеска золота.

Этот сплав есть бронза, о значении которой в развитии культуры древних народов я уже упомянул, и которая и по настоящее время не утратила своего значения. Но в то время, как мы теперь знаем, что бронза и другие сплавы представляют собою не чистые металлы, а смеси, в то время, как мы теперь в теории и практике резко отличаем эти сплавы от их составных частей, — в древности не сознавали в достаточной мере этой разницы и рассматривали превращение меди в бронзу, как процесс, посредством которого этот металл как бы облагораживается.

Учение Аристотеля об элементах придало вере в превращение металлов ореол научной истины. Ибо, согласно этому учению, существенными составными частями всех тел являются их различные свойства; таким образом, лишая тело некоторых свойств и сообщая ему другие, можно превратить одно тело в другое. И вот это именно учение до некоторой степени указало путь к цели, которая в настоящее время вполне справедливо признается нами недостижимой. Метод, применявшийся повсюду адептами учения об изготовлении золота, сводился к тому, чтобы посредством различных химических операций отделить свойства от веществ и затем эти свойства сообщать в любом количестве другим веществам. Таким образом, процесс изготовления золота был, в сущности, лишь отделением и очищением различных тел. Мы вскоре убедимся, какие серьезные последствия повлекло за собою это невинное занятие.

Искусство выделывания золота было не ново. Попытки в этом направлении можно заметить уже у египетских жрецов. В более отчетливой форме они выступили в первые века после Рождества Христова среди ученых знаменитой Александрийской Академии. От египтян и александрийцев это искусство перешло к арабам, завоевателям этой страны, которые в первое тысячелетие после Рождества Христова оказали решающее влияние на всю западно-европейскую цивилизацию.

У арабов мы впервые находим название алхимии. К слову „химия“, которое, вероятно, египетского происхождения и означает „египетскую науку“, они прибавили арабскую приставку „ал“

Человек, впервые изложивший в сочинениях мысль о превращении металлов, а также способы, примененные им для осуществления этой мысли, человек, чьи сочинения перешли к потомству, был арабский ученый Гебер, арабское имя которого Абу-Мусса-Джафар-аль Софи. Жизнь его покрыта мраком неизвестности; мы знаем лишь то, что во второй половине VIII века он преподавал медицину в арабской академии в Севилье. Повидимому, он обладал богатым запасом знаний и недюжинным талантом, о чем неопровержимо свидетельствуют сохранившиеся после него сочинения.

Ему мы обязаны знакомством с важнейшими веществами, реагентами, без которых в настоящее время не может обойтись никакая научная лаборатория, ни одна отрасль химической промышленности: например, с серной и азотной кислотами и царской водкой. Он первый научил нас получать искусственным путем соли, квасцы, купоросы и т. п.

Гебер был добросовестным исследователем. Все свои наблюдения он описывал откровенно и ясно. При том он был до такой степени скромен, что никогда не упоминал о собственных заслугах, об открытиях, им впервые сделанных.

Эти оба качества: откровенность и скромность вскоре исчезли у его преемников.

ИСТОЧНИКИ.

А. Ладенбург. История развития химии. Перев. под ред. Е. С. Ельчанинова.—Акад. П. И. Вальден. Очерк истории химии в России. 1917.

H. Kopp. Geschichte der Chemie. 4. B. Braunschweig. 1843.

H. Kopp. Die Alchemie in älterer und neuerer Zeit. 2 т. Heidelberg. 1886.

M. Berthelot. Origines de l'alchimie. Paris. 1885.

M. Berthelot. La chimie au moyen âge. 3 т. Paris. 1893.

R. Meyer. Vorlesungen über die Geschichte der Chemie. 1922.

F. Dannemann. Aus der Werkstatt grosser Forscher. 1922.

F. Dannemann. Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung und in ihrem Zusammenhange. 2—4 Aufl. Bd. I – IV. 1920 — 1921. 1922 — 1923.

L. Beck. Geschichte des Eisens. B. I. Braunschweig. 1884.

F. Strunz. Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Leipzig. 1906.

F. Strunz. Naturbetrachtung und Naturerkenntniss im Altertum. Hamburg-Leipzig. 1904.

A. Ladenburg. Vorträge über die Entwickelungsgeschichte der Chemie. Braunschweig. 1907.

E. v. Meyer. Geschichte der Chemie. Leipzig. 1895.

W. Ostwald. Leitlinien zur Geschichte der Chemie. Leipzig. 1907.

В. Оствальд. Путеводные нити в химии. Перевод под редакцией Худякова. Москва. 1908.

E. v. Lippmann. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig. Bd. I. 1906.—Bd. II. 1913.—Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. 1923.

E. Färber. Die geschichtliche Entwicklung der Chemie. 1921.

В. Герц. Очерк истории развития основных воззрений химии. Перев. Н. А. Бах под. ред. и с дополнениями М. А. Блох. НХТИ. 1924.

G. Fester. Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Grossindustrie. 1923.

H. Bauer. Geschichte der Chemie. Bd I и II. 1921. Samml. Göschen.

ЛЕКЦИЯ II.

Искусство изготовления золота. — Аптекари и врачи.

Взгляд на прошлое. — Перечисление алхимиков. — Общая их характеристика. — Их судьба — Их ошибки. — Методы, применявшиеся ими. — Очищение веществ. — Перечисление вновь открытых тел. — Влияние химии на развитие теоретических воззрений. — Практические завоевания. — Изобретение фарфора. — Начала врачебной химии. — Ятрохимия. — Парацельз.

История химии рисует наглядную картину зачатков человеческого познания. К распространению знаний побуждает человека не стремление к истине (как часто утверждают), но мотивы материального характера: стремление к удовлетворению элементарных потребностей. Желание устроить свою жизнь удобнее и приятнее заставляет первобытного человека пользоваться наблюдениями, навязываемыми ему природою, и таким образом появляются первые зачатки знания, как прикладной науки.

Многочисленные примеры доставляют нам промышленность и ремесла древних народов, вавилонян, ассирийцев и египтян.

Но по мере возрастания количества и разнообразия этих случайных открытий и наблюдений, применяемых в практической жизни, неизбежно является желание привести их в стройный порядок. Ибо человеческий ум старается бережливо расходовать свои силы, а порядок в знаниях составляет для него то же, что порядок в квартире для домовитой хозяйки.

Первые попытки в этом направлении сводятся к тому, что явления природы приписываются божествам. Но вскоре объяснения такого рода оказываются неудовлетворительными. Они применяются еще для внушения страха народу

и для удержания его в повиновении сильным, но у интеллигенции того времени, т.-е. духовенства, не находят доверия. Является необходимость новых способов объяснения явлений.

Сопоставление и приведение в порядок приобретенных сведений дают первые основания науке. Тщательно скрываемая египетскими жрецами, как источник их могущества, наука, благодаря тогдашним путям сообщения, переносится в Грецию, где ее распространяют с трибун, излагают в сочинениях.



Рис. 6. Альберт Магнус.

Таким образом появляются знаменитые системы греческих философов, представляющие подлинный отпечаток всей тогдашней науки. Особенно одна из них, **система** Аристотеля, оказала чрезвычайное влияние на последующие поколения; одобренная христианством, она на много столетий распространила **свое** самодержавное могущество.

И, действительно, нельзя отрицать, что учение Аристотеля, например, о разложении тел на их свойства, представляет для тех времен весьма многозначительный шаг. Хотя с тех пор наши воззрения на сущность элементов подверглись коренной переработке, однако, в современных философских направлениях, — о которых впоследствии расскажу более подробно, — можно заметить бесспорное сходство с идеями Аристотеля.

Но человек того времени сильно напоминает собою ребенка. Прельщенный чрезвычайным успехом обобщений, он отказывается совершенно от опыта. Мысль, понятие представ-

ляют для него все, наблюдение, опыт — ничто. Все, что в чем-нибудь противоречит науке учителя, устраняется или истолковывается ошибочно, и вот зародыш, суливший столь блестящие надежды, превращается в оковы человеческой мысли, которые под названием схоластики задержали всякое развитие науки почти до конца средних веков.

Известно, какую тяжелую борьбу пришлось вести великим естествоиспытателям эпохи возрождения, Копернику, Галилею, Бэкону, пока им удалось вернуть опыту подобающее ему значение.

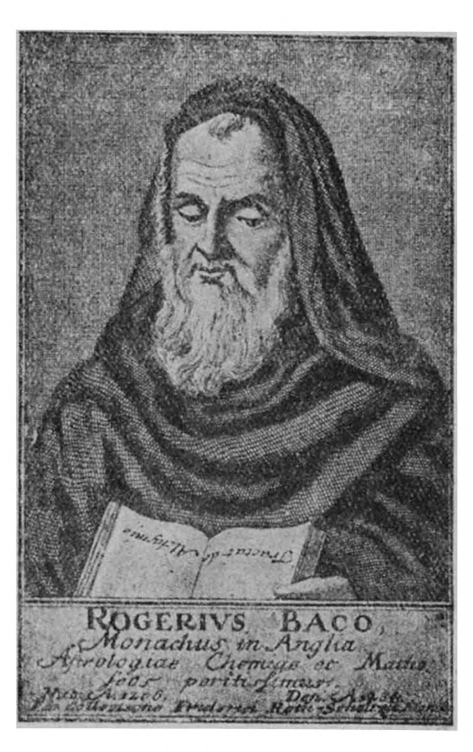


Рис. 7. Рожер Бэкон.

И вот в те времена, когда пренебрегаемые и презираемые естественные науки были почти совершенно заброшены, в одной лишь отрасли занимались собиранием фактов и накоплением реальных знаний,—а именно, в химии. То, правда, не была собственно химия, но, вернее, ее отродье, странное соединение кропотливого труда с полным суеверий мистицизмом. То была алхимия.

Зарождение этой отрасли было вызвано опять-таки материальными побуждениями: желанием разбогатеть, сохранить здоровье, продлить жизнь и т. д.

Основанная арабским ученым Гебером, изобретателем кислот и солей, эта наука вскоре нашла многочисленных приверженцев, ряд которых простирается до новейших времен. Даже такие выдающиеся умы, как Гете, не могли ей противостоять. Подробная характеристика всех этих людей, их трудов и утопий, завела бы нас слишком далеко; поэтому я ограничусь перечислением имен и общим очерком их деятельности.

Вот эти имена:

Гебер в VIII веке, араб.

Альбертус Магнус (монах, род. в 1193 г., умер в 1280 г.), немец.

Рожер Бэкон (монах, род. в 1214 г., умер в 1284 г.), англичанин.

Арнольд Виллановапус (врач, род. в 1235 г., умер в 1312 г.), жил во Франции и Испании.

Раймунд Луллий (род. в 1235 г., умер в 1315 г.), жил в Италии и Испании.

Базилиус Валентинус (монах), жил в XV веке в Германии.



Рис. 8. Базилиус Валентинус.

Кто были эти люди? Какова была их судьба? Какими средствами стремились они к цели и чего удалось им достигнуть? Вот вопросы, которые напрашиваются при перечислении этих имен.

Приведенные выше данные показывают, что искусством изготовления золота занимаются, главным образом, врачи и монахи, занимаются ревностно и с верой в возможность осуществления этой идеи. Таковы были самые известные из них. Но затем, когда алхимия вошла в моду, ряды алхимиков пополнились лицами весьма различных нравственных качеств.

Копп, автор классического труда по истории химии, говорит:

„Приверженцы и вожаки алхимии набираются из всяких сословий. Цари и короли, нищие, бродяги, духовенство и врачи, наконец, любители природы соперничают друг с другом в этом занятии. Храмы этой науки мы находим то в монастырях, то в аптеках. Жрецами ее состоят шарлатаны и рыцари фортуны, но рядом с ними находим настоящих ученых".

Да, удивительна была судьба химии в те времена!

„Не много мы найдем наук, — пишет тот же исследователь, — которые должны были от своего возникновения

до наших времен преодолеть столько препятствий, возникавших при их основании и развитии.

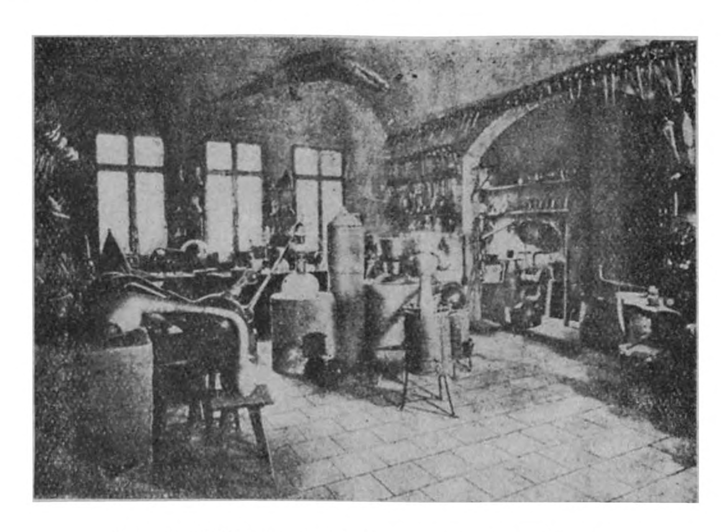


Рис. 9. Лаборатория алхимика в средние века.



Рис. 10. Алхимическая лаборатория.

Не много существует наук, испытавших такие колебания между противоположными крайностями, как химия. То она

является занятием, окруженным общим презрением, то наукой, почитаемой более других. То не признают в ней никакой научной ценности,—любящие правду видят в ней

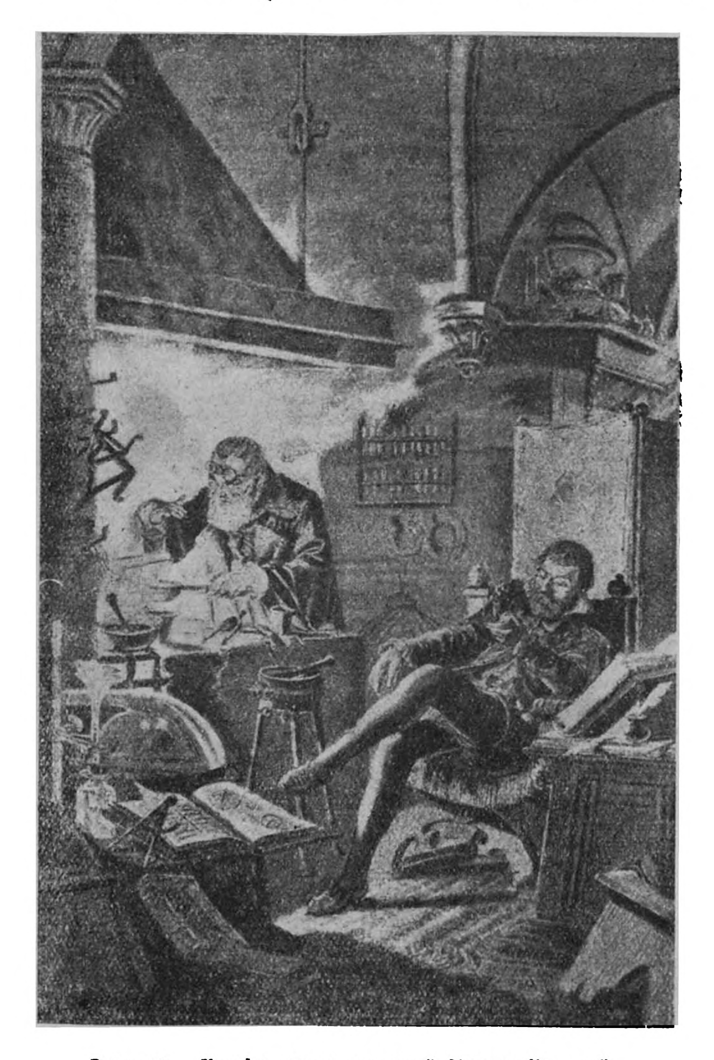


Рис. 11. Курфюрст саксонский Иоанн Георгий у алхимика Турнейссера.

источник неисчислимых ошибок, преследуют ее со всей строгостью закона, бичуют иронией, сильные и власть имущие присуждают ее адептов к изгнанию, а церковь угрожает проклятием,—то перед нею, как перед божеством,

преклоняются все сословия, и всякий ожидает от нее богатств и истины. То ее манипуляции должны происходить в строжайшей тайне, то она пользуется явным покровительством.

Ее влияние и применения тоже изменчивы. То она окружена величайшими суевериями и служит для поддержания веры в их истинность, то является самым могучим орудием их истребления. То ее применяют для поощрения мистицизма и сумасбродной теософии, то считают ее основой самого крайнего материализма. Мотивом для занятия ею служит то жадность, то чистое стремление к знанию. То фармация, то финансовая спекуляция стараются ею овладеть. То от нее ожидают золотых гор, то с ее помощью стремятся к поднятию промышленности и народного богатства. То она должна осуществлять невозможное, искусственно создавать живые творения, воспроизводить растения из золы, то ее игнорируют даже в таких случаях, когда она действительно могла бы указать средства для достижения желаемой цели и принести существенную пользу".

И насколько разнообразны были похождения этой науки, настолько же изменчива была судьба ее адептов. Редкие из них были люди достаточно осторожные, не возбуждавшие зависти или гнева властей. И весьма немногие дожили до старости и умерли естественной смертью. Большинство, менее осторожное, возбуждало подозрения церкви в том, что они поддерживают сношения с дьяволом; другие стали жертвой жадности князей, старавшихся всеми силами выпытать их мнимую тайну. Костер, виселица или пожизненное заключение составляли их обычную участь. Таким образом, занятие химика не представлялось в те времена безопасным.

Карл Энглер, которому мы обязаны прекрасной монографией о философском камне, говорит:

„Особенно опасным было положение придворных алхимиков. Если они после многократных неудачных попыток сознавались, наконец, что недостаточно знакомы с искусством изготовления золота, то их постыдно прогоняли. Если же они различными способами обманывали своих господ и изготовляли поддельное золото или, ловкими приемами подбавляя в сосуды немного чистого золота, будто бы получали по временам незначительные количества этого металла,—тогда их заключали в темницу и подвергали пыткам, чтобы выр-

вать от них тайну, если их приемы были успешны; в случае же, если обнаруживался обман, их строго и безжалостно наказывали. Наказание за более крупный обман состояло часто в том, что в одеждах, оклеенных блестками, их вешали на позолоченных виселицах".



Рис. 12. Пытка алхимика.

Такая участь постигла, напр., шотландского дворянина Александра Сетония.

Около 1602 г. он совершил в Голландии целый ряд удачных трансмутаций, т.-е. превращений неблагородных металлов в золото. Это разнесло его славу по всему миру, и несколько

лет спустя мы находим его в Страсбурге, где он поселился у известного золотых дел мастера Гюстенгефера и занялся выделыванием золота. В знак благодарности гостеприимному хозяину, Сетоний, уезжая, оставил ему немного философского камня, и вот Гюстенгефер стал заниматься алхимией.

Император Рудольф II, узнав об этом, пригласил последнего в Прагу. Но, к сожалению, философский камень, оставленный Сетонием, вскоре был израсходован, все попытки трансмутации потерпели неудачу, Гюстенгеферу пришлось окончить свою жизнь в тюрьме.

Не ему одному сетониевский камень принес гибель вместо ожидаемых богатств и почестей. Самого Сетония судьба занесла в Саксонию. Саксонский курфюрст Христиан II, отуманенный ловкими алхимическими экспериментами, заключил изобретателя в тюрьму, считая это вернейшим средством сохранить для себя драгоценную тайну. Но Сетоний, несмотря на неимоверные пытки, доведшие его почти до смерти, упорно хранил свою тайну.

В то время в Дрезденском замке гостил польский шляхтич Михаил Сендзивой. Он пользовался большим влиянием, благодаря чему ему удалось получить разрешение на свидание с заключенным. При содействии Сендзивоя, Сетоний бежал из тюрьмы. Оба они благополучно прибыли в Краков, где Сетоний вскоре скончался вследствие нанесенных ему увечий. Сендзивой унаследовал после него значительное количество философского камня и начал самостоятельно экспериментировать. В 1604 г. он отправился в Прагу, дабы удовлетворить жажду золота Рудольфа II. Он даже уступил императору немного „тинктуры“, посредством которой тот мог собственноручно удостовериться в „возможности“ превращения металлов в золото. Что эти трансмутации были признаны удачными, свидетельствует мраморная плита в зале пражского дворца, где эти опыты происходили, с надписью:

Faciat hoc quispiam alius,
Quod fecit Sendigovius Polonus.

(Пусть кто-либо совершит то, что совершил поляк Сендзивой).

Сендзивоя не удовлетворяло то, что в его руках находился камень, который мог его сделать богатым. Често-

любие побудило его притворяться, что он сам постиг искусство изготовления философского камня. Поэтому князья добивались его визитов. Из Праги его пригласили в Штутгарт. В Штутгарте до того времени подвизался придворный алхимик фон-Мюлленфельс. По профессии он был цирюльником, но зная, что можно считаться знаменитым алхимиком без малейших представлений о способе изготовления философского камня, он выбрал себе это занятие. Сендзивой был для него умелым и потому опасным соперником, который мог подорвать его положение во дворце. Он решил поэтому его погубить и с этой целью внушил ему, что князь хочет узнать от него тайну тем же способом, как курфюрст саксонский от Сетония. Под влиянием угроз Сендзивой решился бежать. Этого-то и нужно было хитрому шарлатану. Зная планы Сендзивоя, он изменил ему самым гнусным образом, напал на него в пути, похитил его запас драгоценного камня и вдобавок взял его в плен. Сам же он со своей добычей прослыл истинным адептом и был богато награжден.

Но и его постигло наказание. Сендзивою удалось бежать из плена. Очутившись на свободе, он описал князю свои приключения и обман Мюлленфельса. Того арестовали, заставили сознаться в виновности и повесили на железной „виселице алхимиков“.

Но Сендзивой все таки не получил обратно похищенного камня. Дальнейшие попытки трансмутации не удавались, а те случаи, которые привели к благополучному исходу, были основаны на обмане. Несмотря на это, он не лишился доверия; перед своей смертью, последовавшей в 1646 г., он написал несколько сочинений об искусстве изготовления философского камня.

Удивительно ли, что алхимия с течением времени сошла с высокого пьедестала науки, на который ее возвысил Гебер, и опустилась до положения фокусничества? Наука, подобно растению, требует бережливого попечения, воздуха и солнца. Истина составляет ее цель и вместе с тем средство. Горе тому, кто пытается применять ее для недостойных целей; он точит нож против себя самого.

Но средние века, подчиненные всецело схоластике, поощрявшие всякие суеверия, подавлявшие всякую свободную

мысль, не могли представлять подходящей почвы для развития наук. И таким образом алхимия стала опорой суеверия, обманом, а не наукой.

По мере того, как все чаще распространялись вымышленные слухи о находке философского камня, стали гнаться за все новыми чудесами, а так как их не находили и даже не умели находить в виду поверхностного характера тогдашних исследований, то старались доказать существование самых невозможных вещей.

Так возникла палингенезия, т.-е. искусство воспроизведения растений из золы, а затем попытки искусственного изготовления „человечка“, синтез, так называемого, „гомункулуса“.

Излишне добавить, что все эти мнимые чудеса основывались на обмане. Например, во время такого синтеза, когда после смешения различных веществ их подвергали различным воздействиям, кто-нибудь из работающих ловко подбрасывал в сосуд маленький скелет ребенка из слоновой кости и уверял затем присутствующих, что человечек уже находился там, но умер вследствие недостатка пищи.

Уже этих фактов достаточно для характеристики духа тогдашнего поколения и рода вопросов, возбуждавших всеобщий интерес (да и теперь, пожалуй, не переставших его возбуждать); но, с другой стороны, грубая форма этого обмана представляет яркое свидетельство полного отсутствия критики среди тогдашнего общества.

Неопровержимым доказательством возможности превращения металлов признавался следующий опыт, которому суждено было сыграть впоследствии выдающуюся роль в развитии химических понятий.

Если острие стального ножа погрузить в голубой раствор медного купороса, то, как видим, оно покрывается красным осадком. Это — осадок меди. В те времена в этом явлении усматривали прямое превращение железа в медь, и только в позднейшие времена упрочилось воззрение, что здесь мы имеем дело не с превращением железа, но, вернее, с замещением железа медью, существовавшею уже в голубом растворе медного купороса.

Прочие мнимые превращения металлов носили еще более простой характер. Например, брали серебро, содержавшее

примесь золота, что в те времена было весьма трудно обнаружить, и после многочисленных операций добывали из серебра первоначально находившееся в нем золото, и выдавали последнее за продукт превращения серебра.

Вообще примеси и загрязнения применявшихся ингредиентов в значительной степени способствовали иллюзиям самих адептов алхимии. И только этим можно объяснить искреннюю веру многих из них в существование философского камня.

Если мы, однако, забудем на мгновение об этих многочисленных заблуждениях человеческого ума, то нельзя закончить этот отдел истории химии, не указав положительных результатов, достигнутых — правда невольно и бессознательно — добросовестными исследователями той эпохи. Ибо они, именно, и составляют тот фундамент, на который опираются открытия последующих поколений.

В чем же состояли эти невольные завоевания?

1) В усовершенствовании средств, служащих для того, чтобы вызвать химические явления;

2) в увеличении числа тел, получаемых искусственным путем, и

3) в ознакомлении с новыми телами, пригодными для практического применения.

Отправимся на мгновенье в ту фантастическую лабораторию алхимика, столь правдиво изображенную в известной сцене из „Фауста“; перенесемся мысленно в этот мир, полный бутылочек, скляночек и запыленных инструментов.

Посмотрим, как алхимики стремились к своей цели, к получению философского камня.

Все попытки мнимого превращения металов основывались, как я уже раньше отметил, на убеждении, не лишенном, впрочем, некоторой доли смысла, что многократным очищением тел можно отделить от них некоторые свойства и сообщить эти свойства другим телам. Следовательно, алхимический процесс,— по крайней мере, в руках благоразумных алхимиков,— представлял, в сущности, процесс очищения тел.

Желая, однако, надлежащим образом оценить значение этого действия, производимого алхимиками невольно, бессознательно,— необходимо обратить внимание на то, сколь

нечистой является окружающая нас природа, конечно, не в нравственном, но в обычно употребляемом в химии смысле этого слова.

Позвольте мне несколькими примерами обосновать это кажущееся парадоксальным утверждение.

Всем нам знакома вода по ее повседневным, столь разнообразным применениям. И вот известно, что это тело обладает самыми различными свойствами в зависимости от происхождения. Колодезная вода — жестка, дождевая же — мягка; морская вода — соленая, речная же или ключевая — пресна, т.-е. собственно лишена вкуса. Эти различия происходят от того, что естественная вода не чиста; она представляет смесь нескольких и даже многих тел, которые в различных видах воды различаются как качественно, так и количественно. Даже кристальная вода источников содержит не менее десятка различных веществ, а, так называемая, чистая аптекарская вода, которую в прежнее время врачи в изобилии прописывали своим пациентам под названием „aqua destillata“, содержит все же не менее полудюжины посторонних веществ.

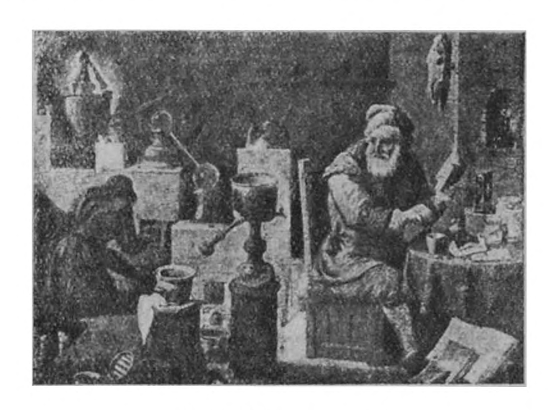


Рис. 13. Алхимик.

Во всех этих смесях, известных под общим именем „воды“, вода, действительно, составляет главную составную часть, — самую важную, но не единственную. Поэтому не удивительно, что эти разнообразные смеси обнаруживают совершенно различные свойства в зависимости от количества и рода содержащихся в них примесей.

Настоящая химически чистая вода — тело чрезвычайно редкое, и имевшие с нею дело утверждают, конечно, шутя, что достаточно одного взгляда на нее, чтобы ее загрязнить. Действительно, достаточно привести чистую воду на короткое время в соприкосновение с воздухом или налить в стеклян-

ный сосуд, чтобы вскоре убедиться в изменении ее естественных свойств вследствие загрязнения.

Еще в большей мере это относится к воздуху. Одно обоняние убеждает нас, что воздух химической лаборатории отличается от воздуха, находящегося вне стен этого здания, а этот воздух имеет совершенно другой запах, чем лесной воздух или чем тот, который доносится к нам с свежим дуновением морского ветра. Но по понятиям химика даже самый чистый воздух есть, так сказать, грязь, так как он содержит более десятка разнообразнейших составных частей.

Пожалуй, ни в одном случае различие между естественными видами одного и того же тела не бывает так резко, как среди драгоценных камней. Кому не знакомы нежные оттенки цветов аметиста, кто не восхищался разнообразием цветов опала? Однако, все эти камни, окрашенные различным образом, то прозрачные, как хрусталь, то мутные, как молоко,— с точки зрения химика представляют собой лишь песок, тот самый песок, которым мы летом любуемся на берегу моря. Этой великолепной гаммой цветов и оттенков камни обязаны исключительно загрязнениям, т. е. примесям, количество которых иногда так ничтожно, что во многих случаях мы не в состоянии их обнаружить.

Этих примеров достаточно для оценки разнообразия видимых свойств одного и того же тела в природе.

Наука же стремится — и это составляет ее самую общую задачу — к выделению сходных вещей из общего хаоса, к отысканию постоянных и неизменных элементов во множестве переменных явлений и свойств. Мы можем приблизиться к этой цели, если при помощи определенных приемов разложим исследуемые тела на составные части, т.-е. очистим их. Отыскание и усовершенствование способов, дающих возможность достигнуть этой цели, — вот главная и бесспорная заслуга алхимиков.

В виду чрезвычайной важности этих методов в дальнейшем развитии химии, я укажу самые главные из них.

1. Дестилляция или перегонка. Из всех химических методов перегонка находит самое обширное применение как в малом масштабе, в лаборатории, так и в большом масштабе, в химической промышленности. Она была известна

уже египтянам. После Гебера она сделалась самой обыкновенной манипуляцией. Дестилляция заключается, как вы видите, в том, что жидкость подвергается кипячению в закрытом сосуде, в так называемой реторте, и пар ее сжижается в отдельном сосуде, который называется приемником.

Вот в этом сосуде я кипячу, например, воду, окрашенную примесью медного купороса в синий цвет. Таким образом в приемнике я получаю бесцветную воду, между тем как купорос остается в реторте.

Уже в тот период алхимии, о котором здесь идет речь, „дестилляция“ применялась для получения и очищения алкоголя, который был назван винным спиртом (spiritus vini), ибо он получался перегонкой вина, а все улетучивающиеся вещества тогда назывались спиртами, т.-е. духами. Отсюда и происходит название spiritus vini — дух вина.



Рис. 14. Алхимические приборы для перегонки, хранящиеся в Мюнхенском „Естественно - научном музее“.

Это название не вполне удачно, так как от вина никогда никакой дух не произошел, но не один уже погиб.

2. Возгонка (сублимация). Это, в сущности, частный случай перегонки, именно тот, когда тело, подвергаемое перегонке, а также продукт перегонки — не жидкости, а твердые тела. Примером может служить возгонка иода. Хлорная ртуть, которая применяется для дезинфекции под именем ртутного сублимата, или просто сулемы, и была известна уже Геберу, очищается посредством этой, именно, манипуляции. Этому обстоятельству сулема и обязана своим названием.

3. Осаждение (преципитация). Если прибавить к раствору нескольких тел известные реагенты, то некоторые составные части раствора переходят в твердое состоя-

ние и выделяются в виде осадка. Если к жесткой воде прибавим соду, то те составные части, которые вызывают ее жесткость, как то известь и магний, выделяются и выпадают на дно сосуда. Этим путем в повседевном быту уничтожается жесткость воды.

4. Фильтрация (дестилляция сквозь фильтр по Геберу) применяется для отдѣления осадка от раствора. Если воду, загрязненную твердыми телами, например, углем или песком, перельем сквозь пропускную бумагу, то проходит чистая вода, а угольный порошок остается на поверхности бумаги.

5. Кристаллизация. Ее применяют для получения тел, растворенных в воде или других жидкостях. Уже алхимики применяли кристаллизацию для очищения солей, известных со времен Гебера: квасцов, селитры, аммиачной соли и проч. Если оставить на воздухе раствор квасцов в воде, то вода спустя некоторое время улетучится, а квасцы выделятся в виде прекрасных кристаллов правильного строения, которые вы видите в этой чашке.

Все эти методы разложения различных тел, естественного или искусственного происхождения, на составные части получили впоследствии общее название, употребляемое повсюду еще и в настоящее время,— методов аналитической химии.

Алхимики сделали также второй важный шаг по пути развития химии: они увеличили число тел, получаемых искусственным путем.

Древние народы умели получать незначительное количество тел: те семь металлов, с которыми мы познакомились в предыдущей лекции, и их непосредственные производные, затем несколько других легко получаемых препаратов. Алхимики сделали в этом направлении большие успехи как в смысле количества препаратов, так и в разнообразии свойств вновь открытых тел.

О сделанном Гебером открытии минеральных кислот, серной и азотной, а также их солей, я уже неоднократно упоминал здесь. Следует также отметить открытие соляной кислоты Василием Валентином. Без этих веществ немыслима химическая лаборатория, немыслима ни одна отрасль химической промышленности. Не менее важные теоретические и практические последствия

имело введение в науку понятия солей. Весь этот класс тел представлял уже для тогдашних исследователей однородные признаки, сходные со свойствами важнейшего представителя этой семьи, поваренной соли, название которой таким образом обобщилось. Кроме квасцов, селитры и аммиачной соли (сальмиака) следует отметить в особенности различные купоросы: железный, медный и др. Они оказали значительное влияние на дальнейшее развитие химии. Наконец, следует указать на открытые Василием Валентином сурьмяные препараты, имеющие важные лечебные свойства. Таковы в самых общих чертах успехи той эпохи в получении новых тел и препаратов. Этот отдел химии, т.-е. искусство получения новых тел из известных уже посредством различных химических манипуляций, впоследствии получил название синтетической или препаративной химии.

Непосредственным следствием изложенных успехов является расширение воззрений на разнообразие и виды свойств тел.

Аристотель и его последователи удовлетворялись четырьмя элементарными свойствами: теплом, холодом, сухостью и влажностью. Позднейшие ученые для объяснения различного состояния тел принуждены были прибавить еще три новых элементарных свойства:

1) горючесть и изменяемость, олицетворением которой считалась сера,

2) неразрушимость, особенно при нагревании на огне; ее олицетворением была соль,

3) наконец, металличность; под этим названием подразумевали целый ряд свойств, общих металлам, как то блеск, растяжимость и пр.; их олицетворением считалась ртуть.

Эти три новых элемента: сера, соль и ртуть, вернее, олицетворяемые ими элементарные свойства всех тел, должны были составлять вместе с прежними четырьмя элементами Аристотеля существенные составные части всякого вещества.

Гораздо важнее этих метафизических воззрений были практические приобретения, которые явились следствием открытия новых и ценных тел. Прежде всего к этой категории изобретений следует причислить усовершенствования

в области горного дела, в особенности в металлургии. Труды Агриколы, относящиеся к этому периоду, содержат ценные указания относительно состояния горного дела в те времена; они свидетельствуют, что техника химических процессов была поставлена довольно хорошо.

Сочинения этого ученого, кроме подробного и добросовестного описания химических манипуляций, заключают в себе прекрасные рисунки; один из них мы приводим здесь (рис. 15), чтобы читатель мог составить себе понятие о состоянии химической промышленности в период алхимии. Здесь также следует отметить изобретение фарфора саксонским алхимиком Беттхером.



Рис. 15. Железоплавильный завод XVI столетия.

Если даже согласиться с тем, что матерью этих изобретений была случайность, а не строго обдуманный план, если даже признать справедливость известной поговорки —„и пороха не выдумал“,—применяемой для характеристики человека, столь ограниченного, что он даже не в состоянии сделать простое изобретение, — все таки нельзя отрицать, что и в те времена такие изобретения стоили многих трудов и хлопот, — тем больших, чем менее планомерно изобретения делались.

В этом отношении весьма поучительна известная судьба изобретателя фарфора, типичная для многих современных алхимиков. Поэтому позвольте мне в нескольких словах напомнить историю этого изобретения.

Беттхер, как и многие другие, занимался изготовлением золота. Август II, польский король и курфюрст Саксонский, заключил его в замок в Мейссене, отчасти в наказание, отчасти из боязни, чтобы тайна не была выдана другим во вред Саксонии.

В заключении Беттхер производил опыты над превращением металлов под наблюдением знаменитого естествоиспытателя того времени фон-Чиргаузена. Последний известен, между прочим, своими исследованиями нагревательного дей-

ствия увеличительных стекол. При помощи последних он достигал чрезвычайно высокой температуры, в которой плавились различные смеси тугоплавких „земель".

Видя, что многообещающие опыты Беттхера все таки никак не приводят к желанной цели, фон-Чирнгаузен посоветовал ему попробовать заняться изготовлением фарфора. Нет сомнения, что Беттхер в своей работе пользовался богатым экспериментальным материалом, который ранее был добыт фон-Чирнгаузеном.

Производя эти опыты в Мейссенском замке, они открыли фарфор. Вскоре после этого фон-Чирнгаузен умер, и Беттхер приписал заслугу изобретения всецело себе. Изобретение доставило ему не только свободу, но также почести и богатство. В награду он получил от курфюрста дворянское звание и был назначен директором фарфоровой фабрики в Мейссене, существующей по настоящее время и славящейся своими изделиями. Комнату, в которой узник-изобретатель производил свои опыты, показывают теперь всем посетителям Мейссенского замка. Когда я несколько лет тому назад очутился в этом историческом месте, мною овладело приятное чувство при мысли, что теперь существуют другие и, думаю, более гуманные средства для поощрения талантов и прилежания адептов химии.

Таким образом в те времена делались важные завоевания в области химических изобретений. Но этих успехов нельзя и сравнить с изобретениями в другой области, а именно, в применении химии к медицине. Здесь успехи были столь блестящи и для того времени даже ослепительны, что придали химии совершенно новое направление. Новое течение господствовало целые столетия и дало, подобно алхимическому направлению, целый ряд новых исследований, новых открытий и новых теорий.

Применением химических препаратов к медицине пользовались, правда, уже и алхимики, среди которых были, как известно, и врачи. Особенно Арнольд из Виллановы и Базилиус Валентинус подвинули это искусство довольно далеко.

Когда же неудачные попытки алхимиков получить искусственным путем золото и печальная судьба адептов успели охладить рвение в этом направлении, тогда искусство лечения сделалось главной задачей химии.

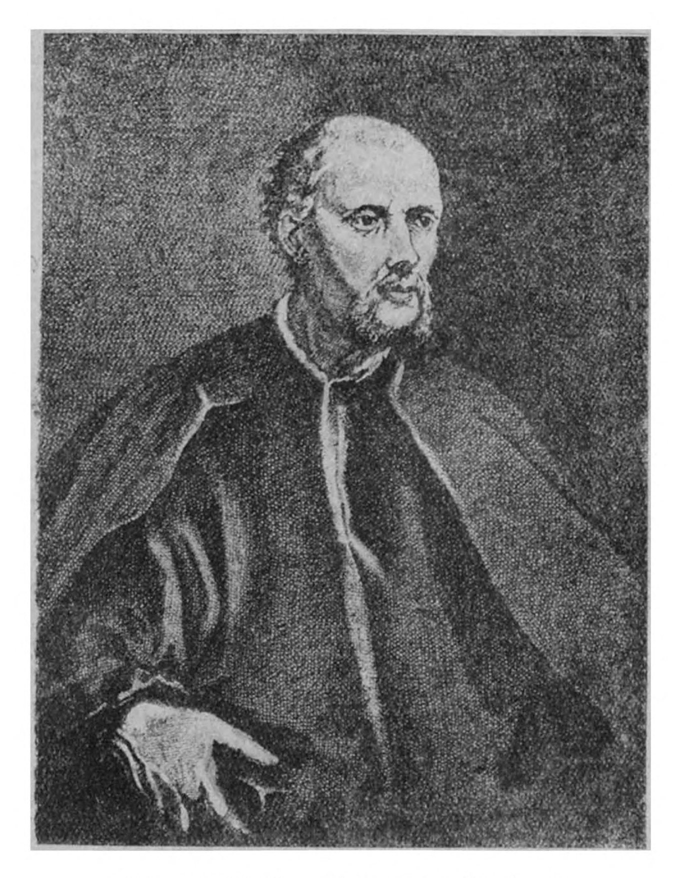


Рис. 16. Теофраст Парацельз Бомбастус фон Гогенгейм.

Основателем этого нового направления химии, называемого **ятрохимией** или **лечебной химией**, следует признать врача и профессора медицины **Парацельза**, родившегося в Швейцарии, в г. Эйнзидельне.

Человек он был очень странный, большой чудак, притом полный самых противоположных свойств, дурных и хороших, — словом, один из тех типов, какими изобиловали

средние века. Характерно его полное имя: Филипп Авреол Теофраст Парацельз Бомбастус фон Гогенгейм.

Отец его, внебрачный сын великого вождя ордена Иоаннитов, был врачем в маленьком швейцарском местечке Эйнзидельне. Он старался передать сыну все свои знания, составлявшие все университетское образование того времени, и обучал сына медицине, астрологии и алхимии.

Чтобы расширить круг этих знаний и приобрести новые, молодой Парацельз отправился путешествовать по свету. По пути он посещал много университетов—немецких, французских и итальянских. Кажется, однако, что он более занимался другими делами, чем систематической наукой. Хотя он называл себя доктором, утверждая, что удостоился этой степени, правда, лишь с отметкой „rite“ [1]), однако, его враги доказывали, что он сам присвоил себе это звание.

Парацельз был не особенно высокого мнения об университетах и профессиональных ученых. „И я —говорит он со свойственной ему напыщенностью — произрастал в тех садах, где подрезывают молодые деревца; я был не малым украшением высокой школы“.

Но впечатления и знания, вынесенные им из путешествий, принесли ему гораздо больше пользы, чем систематическое учение. Известно, что в те времена путешествия считались наилучшим средством образования молодежи и, пожалуй, могут считаться таковым и в настоящее время.

Парацельз обошел половину Старого Света: от Швеции до Египта, от Португалии вплоть до Польши. Этим путешествиям он, без сомнения, обязан своими необыкновенными познаниями из различных отраслей науки, равно как из химии; он посетил много заводов, копей, приобрел многочисленные знакомства с врачами и алхимиками.

Тридцати лет от роду он возвращается на родину и всецело отдает себя медицине. Превосходные результаты лечения доставляют ему вскоре громкую известность, и в 1526 г. мы видим Парацельза на кафедре естествознания и медицины в Базельском университете. Однако, его необузданный характер не позволил ему долго пользоваться этим почетным положением. В скором времени он поссорился

---

[1]) Что соответствует отметке „удовлетворительно“.

с Базельской городской думой, и спор принял столь резкую форму, что Парацельз был принужден не только оставить занимаемую кафедру, но и покинуть родную страну, так как ему угрожали лишением свободы. После того он опять стал вести кочевой образ жизни. Побывал в Баварии, Чехии и Венгрии, пока в 1541 г. смерть не настигла его в Зальцбурге. Умер он в самом бедственном положении.

Как я уже отметил, Парацельз был олицетворением самых противоположных свойств. Факт его смелого выступления против всяких авторитетов прошлого и настоящего, сожжения, например, сочинения Галена в присутствии своих слушателей, — свидетельствует о большой доле гражданского мужества, особенно ценного в те времена, когда повсюду господствовала слепая вера в безошибочность признанных авторитетов. Но менее привлекательную черту его характера составляло то, что он восхвалял себя самого и старался унизить других. Тем, что он пошел далее своих предшественников и современных ему врачей в применении лекарств, не останавливаясь даже перед употреблением столь сильных ядов, как, например, мышьяк, — он бесспорно не мало способствовал дальнейшему развитию медицины. Но бесцеремонность, с какой он обращался со своими пациентами, представлявшими для него лишь материал для опытов, была непростительна. И по этой, быть может, причине парижский парламент в 1566 г. под угрозой лишения права практики запретил всем парижским врачам применение парацельзовых средств, выразив одновременно порицание всяким нововведениям в медицине.

То обстоятельство, что Парацельз старался сделать свои знания доступными даже непосвященным и с этой целью преподавал не по-латыни, как было тогда принято, а на местном языке, равно как и то, что свои сочинения он диктовал ученикам, дабы сохранить в них отпечаток живой речи, — заслуживает одобрения, как нововведение прекрасное и полезное. Но напыщенный и растянутый стиль его сочинений, послуживший его врагам поводом для утверждения, что он диктовал их в нетрезвом виде, составляет их большой недостаток. Вообще же, по мнению современников, жизнь великого ученого оставляла желать многого.

Но несмотря на все это, влияние Парацельза было весьма значительно, а заслуги его в истории развития химии и

медицины выступают тем ярче, чем более историки углубляются в исследование этой эпохи.

Введение в медицину искусственных химических препаратов, вместо прежних медикаментов Галена, состоявших почти исключительно из настоек и растительных эссенций, обратило внимание на новую отрасль применения химии и придало последней совершенно новое направление.

Теперь задачей химии является не только искуственное получение золота, но приготовление лекарств, получение новых тел, обладающих лечебными свойствами. Таким образом, наука химии переносится из заглохлой кухни алхимиков в аптекарскую лабораторию. Парацельз является отцом фармации, науки о лекарствах, которая тогда, равно как и в позднейшее время, служила могучим фактором в развитии химических знаний. Выдающиеся аптекари сделали, — как мы неоднократно убедимся, — много великих открытий, усовершенствовали и приумножили методы получения химических препаратов и, наконец, вызвали на свет целый ряд новых и ценных фактов.

Наука Парацельза, названная „ятрохимией“ и считавшая лечение целью химии, не сразу приобрела право гражданства. Возник горячий спор между сторонниками и противниками нового направления, и только конец этой борьбы принес полную победу ятрохимикам.

Ясное дело, что в рамках настоящей лекции невозможно перечислить всех или хотя бы только самых знаменитых представителей лечебного направления химии.

Поэтому я должен ограничиться лишь одним из их ряда. Это — Ван Гельмонт, голландский химик, человек выдающегося таланта и удивительно трезвого ума, стоявший выше всех своих современников, равно как и непосредственных преемников.

Иоанн Баптист Ван Гельмонт, родившийся в 1577 г. в Брюсселе, изучал философию, богословие и медицину. По окончании курса наук он занимался врачебной практикой, много путешествовал по Франции и Италии. В 1609 г. возвратился на родину, женился на богатой невесте и затем, поселившись в деревне, предался исключительно научным исследованиям. Здесь он скончался в 1644 г.

Ван Гельмонт представляет полную противоположность Парацельзу.

Парацельз, как гласит предание, присвоил себе нигде им не заслуженную степень доктора, тогда как Ван Гельмонт, напротив, добровольно отказался от степени магистра свободных наук, считая всякие титулы результатом светской пустоты и потому ничтожными. Более того, он отказался от собственного имущества в пользу сестры, чтобы всю свою жизнь посвятить исключительно благодетель- ствованию ближних.

Образование Парацельза, как приобретенное в путешествиях, было по существу поверхностным, тогда как Ван Гельмонт обладал всей совокупностью систематических знаний той эпохи.

Сочинения Парацельза бессвязны и вследствие этого неудобопонятны; напротив, сочинения Ван Гельмонта отличаются поразительной ясностью и удобопонятностью. Однако, оба они, столь противоположные по характеру, боролись во имя одной и той же идеи — во имя реформы медицины, и Ван Гельмонт был горячим поклонником Парацельза. В Ван Гельмонте нас прямо поражает трезвый взгляд на вещи; его ум не мог примириться с воззрениями того времени на сущность элементов, с мнением, что тела состоят як бы из различных свойств, представителями которых должны служить сера, соль и ртуть.

Составными частями тел могут быть, — по мнению Ван Гельмонта,— не отвлеченные понятия, произвольно вымышленные свойства, но действительные тела, которые можно получить, предметы осязаемые и видимые.

И в этом именно воззрении впервые выступает новое понятие элемента в той форме, в какой оно существует еще в настоящее время. Элементы, или составные части тел, представляют собою материальные тела, — вещества, из которых можно составить данное тело или же на которые его можно разложить посредством надлежащих химических манипуляций. Эти составные части существуют еще и в сложных телах, но в другом виде. Упомянутый мною выше опыт с мнимым превращением железа в медь при погружении ножа в раствор купороса, Ван Гельмонт объясняет весьма просто тем, что медь происходит не из железа, а из купороса, составной части которого она является.

Главною составной частью всех тел, по мнению Ван Гельмонта, является вода. Доказательством служит то, что вода образуется при сжигании большинства горючих тел, как то: масел, воска, винного спирта и т. д.

Вода представляет единственную составную часть растений, потому что растение живет только водой и только воду пьет из земли. Это утверждение, которое считалось истиной вплоть до середины 19 столетия, доказывалось даже следующим весьма интересным количественным опытом.

Ван Гельмонт насыпал в горшок определенное количество земли и посадил в нее растительное зерно. Он поливал землю чистой водой и через некоторое время вынул растение из горшка и вторично взвесил землю. Оказалось, что вес земли не уменьшился, и отсюда он заключил, что растение строит свои органы исключительно из воды. В настоящее время мы знаем, что в данном случае главную роль играет воздух.

Но, несмотря на это, упомянутый опыт весьма знаменателен, так как он составляет одну из первых попыток отвечать опытом на вопросы природы, а с другой стороны, является чуть ли не первым примером применения в химии количественного метода.

Вместе с тем этот опыт показывает нам, с какой осторожностью естествоиспытатель должен объяснять факты.

Рыбы, по мнению Ван Гельмонта, также состоят только из воды, так как, живя в воде, только из нее и могут получать вещество для своих органов.

Далее мы находим у Ван Гельмонта мысль, что причину жизненных явлений, рождения, развития и размножения всех живых существ, составляет ферментация, что средством пищеварения является желудочный сок и т. д.

Все эти мысли производят на современного читателя впечатление пророческих откровений; они как будто доказывают присутствие у автора способности предвидеть, хотя и неясно, те истины, открытие и точное обоснование которых было уделом позднейших поколений.

Но достаточно перевернуть несколько страниц, чтобы опять очутиться среди средневековых сказок и предрассудков. Так, Ван Гельмонт приписывает главную роль во всех человеческих действиях, а особенно в процессе пищеварения, особому духу, названному им Археем.

Причиной болезней являются различные расположения Архея: леность, страх, гнев или слабость. Следовательно, лечение болезней должно стремиться к обласканию Архея, к воздействию легкими средствами на его чувства.

Самым выдающимся открытием Ван Гельмонта является разграничение различных видов воздуха, которым он впервые дал название газов. До тех пор был известен лишь один вид газообразных тел, или „упругих жидкостей“, — воздух. Только Ван Гельмонт обратил внимание на отличие воздуха от других газов.

Он различал „лесной“ газ, называемый теперь углекислым газом, или двуокисью углерода, и „сухой“ газ; под этим последним именем он соединял различные горючие газы. Это именно открытие должно было составить новую эпоху. Ему суждено было стать началом нового направления в химии, началом новой эпохи — „пневматической химии“ В эту эпоху в химии впервые получили доступ точные методы; таким образом Ван Гельмонт представляет переходное звено к новой эпохе, разбором которой мы займемся в следующей лекции.

ИСТОЧНИКИ.

C. Agricola. De re metallica. 1557.

Schneider. Geschichte der Alchemie. Halle, 1832.

K. Sudhoff. Jatromathematiker, vornehmlich im 15 u. 16 Jahrhundert. Breslau. 1902.

C. Engler. Der Stein der Weisen. Karlsruhe, 1889.

F. Strunz. Theophrastus Paracelsus. Das Buch Paragranum. Leipzig, 1903.

F. Strunz. Theophrastus Paracelsus, sein Leben und seine Persönlichkeit. Ein Beitrag zur Geistesgeschichte der deutschen Renaissance. 1903.

H. Kraemer. Weltall und Menschheit. Berlin, 1902, т. V.

Jan Zawidzki. Anfänge der Chemie in Polen. Diergarts. Beiträge zur Geschichte der Chemie. Berlin, 1908.

H. Peters. Wer ist der Erfinder des europäischen Porzellans. Diergarts-Beiträge aus der Geschichte d. Chemie. Berlin, 1908.

П. Вальден. Ueber die Pflege der Chemie in Russland bis zum Ausgang des XVIII Jahrhunderts. Diergarts Beiträge.

E. Lippmann. Entstehung u. Ausbreitung der Alchemie mit einem Anhange zur älteren Geschichte der Metalle. 1919.

E. Darmstaedter. Die Alchemie des Geber. 1922.

М. А. Орлов. Алхимия. 1917.

ЛЕКЦИЯ III.

Флогистон и ниспровержение его Антоном Лавуазье.

Подразделение истории химии. — Характеристика отдельных эпох. — Химия вступает в новейший период. — Происхождение и значение академий. — Химическая лаборатория времен флогистона. — Основы химической системы. — Газы дают начало пневматической химии. — Открытие важнейших газов. — Химическая система, основанная на принципе происхождения (генетическая система). — Бойль — отец аналитического искусства. — Огонь, рассматриваемый, как химическое явление. — Что представлял собою флогистон. — Отрицательный вес. — М. В. Ломоносов. — Лавуазье. — Его молодость Госпожа Лавуазье. — Объяснение отдельных явлений при помощи теории горения. — Горение есть не разложение веществ, а соединение горючих тел с кислородом. — Дальнейшие труды Лавуазье. — Его политические воззрения. — Обвинение и казнь.

Знаменитый исследователь истории химии, Герман Копп, тщательным работам которого мы обязаны познанием первых ступеней развития нашей науки, подразделяет историю химии на 5 периодов:

1. Первый период: от древнейших времен до IV века после Рождества Христова.

2. Период алхимии: от середины IV столетия до первой четверти XVI столетия.

3. Период врачебной химии: от первой четверти XVI до середины XVII столетия.

4. Период теории флогистона: от середины XVII до последней четверти XVIII столетия.

5. Период количественных исследований: от последней четверти XVIII столетия до новейших времен.

С первыми тремя периодами мы уже познакомились в двух предыдущих лекциях. Итак, мы видели, что первые зачатки химических познаний возникли вследствие материальных стремлений к улучшению условий жизни, и что слу-

чайно открытые факты вскоре приобрели практическое применение и привели к искусственному изготовлению целого ряда тел.

Систематизацию этих фактов мы нашли в естествознании греческих философов, в особенности у Аристотеля. Но только в период алхимии замечается выделение химии в отдельную отрасль науки со специальной целью. Эта цель была, к сожалению, призрачной: получение золота и благородных металлов из неблагородных.

Эта цель изменяется в начале XVI века. Парацельс видит задачу химии не в мечтах об искусственном изготовлении золота, но в объяснении и лечении болезней. Целый ряд ятрохимиков преследует эту цель с неутомимым усердием. Истинную, неизменную цель химии узнали лишь в середине XVII века, и с тех пор химия из вспомогательной науки, которую заставляли служить чужим богам, превращается в самостоятельную науку, намечающую себе собственные вопросы для их опытного решения.

В сегодняшней лекции мы постараемся исследовать, каким образом призошла эта эволюция воззрений на задачи и цели химии.

В средние века самодержавно господствовала еще наука Аристотеля. Этому знаменитому естествоиспытателю и философу удалось заключить всю науку своего времени в книги, и они на долгое время служили скалой, о которую разрушался всякий прогресс, всякие попытки введения чего-либо нового в область естественных наук. Наука Аристотеля, признанная католическою церковью, нашла в ней защитницу; с тех пор церковь сама оказывается заинтересованной в подавлении всяких новых воззрений, всяких открытий, поскольку они противоречили догмам Аристотеля.

Повсюду господствовала вера в безошибочность этой системы, — вера, вредная для развития всякой науки, которая не признает и не может признавать никакой догмы, никакого авторитета, кроме лишь одного — опыта. Таким образом, в средние века науки жили половинчатой жизнью, будучи терпимы лишь в качестве вспомогательных орудий; им предоставлялось служить побочным целям, но доступ к главным философским вопросам—разрешение их главных задач—был им строго воспрещен.

Кроме того, средневековые ученые, а, следовательно, и химики, жившие преимущественно на содержании владетельных князей, находились в полной зависимости от их милости и их настроений, а это обстоятельство ни в коем случае не могло способствовать развитию свободного научного исследования.

Только реформация церкви и возрождение наук и искусств ускорили конец этого ненормального положения вещей, отведя науке подобающее ей место. Перечисление заслуг—Коперника, Галлилея, Бэкона Веруламского,—первых борцов за освобождение опытных наук, — выходит за пределы этих лекций. Известно, что их имена стали памятниками их дел.

Подобного рода коренное изменение воззрений не могло остаться без влияния и на химию. Из монастырей и задворков, где ею доселе занимались, как тайной наукой, она появляется, наконец, на свет божий.

В это же время появились союзы свободных исследователей и ученых, ученые общества, где оглашались новые открытия. Эти общества в значительной мере способствовали обогащению различных отраслей науки новыми вопросами и идеями.

Первое учреждение подобного рода появилось в Италии. В 1648 г. под покровительством великого князя Фердинанда II была основана Академия во Флоренции. Это была знаменитая „Academia del Cimento" (опытная академия). Впоследствии она была перенесена в Рим, где существует и по настоящее время и издает свои труды под названием: „Rendiconti della Academia del Cimento".

Немного спустя во Франции была основана в царствование Людовика XIV известная парижская Академия Наук („Académie des Sciences"). Исследования ее членов издавались в Известиях этой Академии, а впоследствии в пользующихся еще и теперь широким распространением „Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences à Paris".

Приблизительно в то же время, в 1662 г., образовалось в Англии Королевское Общество („Royal Society of London"), записки которого „Philosophical Transactions" появляются периодически еще и в настоящее время. Основателем и вместе с тем одним из самых блестящих светил этой ака-

демии был Роберт Бойль, о заслугах которого в химии мы вскоре будем говорить более подробно. Затем в Эдинбурге и Дублине были основаны аналогичные общества, которые вскоре также приобрели известность и всеобщее одобрение.

Пример этих трех передовых стран вскоре нашел подражателей. Появляются академии в Голландии (в Гаарлеме); в Германии частное общество ученых, основанное еще в 1651 г. во Франкфурте на Майне, утверждается в 1672 г. императором Леопольдом I и получает звание академии „Academia Caesareo-Leopoldina". Берлин, Мюнхен, Геттинген следуют данному примеру.

В Польше ученые общества с более широким влиянием и значением появились значительно позже. Несмотря на то, что университет в Кракове существовал уже с середины XIV века (1360), первый постоянный и имеющий свою историю союз людей науки возник только в 1800 г. в известном Обществе Друзей Наук в Варшаве, существовавшем до 1832 г. и оказавшем чрезвычайные заслуги в деле распространения знания и просвещения в истощенной борьбою стране. Немного спустя, в 1818 г., было основано Научное Общество в Кракове. Это общество в 1872 г. было переименовано императором Францом Иосифом в Академию Наук, которая в настоящее время составляет центр польского научного движения.

Не отстает на этом пути и Россия. Петр Великий, царь-реформатор, учредил в 1724 г. Петербургскую Академию; членами ее, кроме русских ученых, как знаменитый Ломоносов, состояли преимущественно выдающиеся иностранные ученые: математик Эйлер и много других. Уже в 1748 г. по почину Ломоносова, первого профессора химии в России, при Петербургской Академии Наук построена была первая русская химическая лаборатория.

Периодические издания этих академий под названием „Известий", „Отчетов", „Записок" давали ученым возможность распространять результаты своих исследований и знакомить общество с успехами науки, неустанно усиливая этим путем интерес к научной работе. Отчеты академий играли в те времена ту же роль, какую теперь играют различные научные журналы. Они стали средством быстрого рас-

пространения новейших открытий, которые в прежнее время должны были ждать целые годы, пока их печатали в сборниках, издаваемых самими исследователями. С той поры начинается более быстрое развитие всех отраслей науки.

С другой стороны, академии оказывали своим членам нравственную поддержку в борьбе с умственным консерватизмом имущих классов. Благодаря диспутам, которые устраивались академиями, ложные взгляды исправлялись, и истина торжествовала.

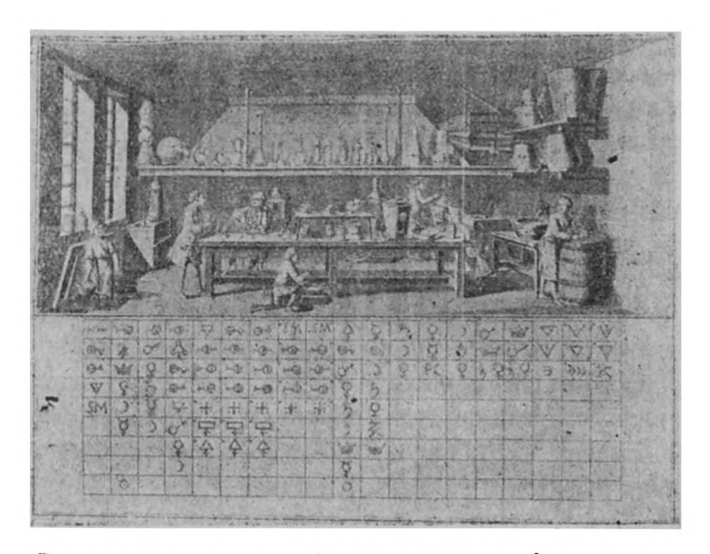


Рис. 17. Химическая лаборатория периода флогистова. Внизу символы химических веществ, употреблявшиеся в то время.

В чем выразилось влияние этого общего научного прогресса на химию? Прежде чем перейти к подробному разбору этого вопроса, необходимо бросить ретроспективный взгляд на совокупность известных в те времена химических фактов.

Из темной, таинственной кухни адепта алхимии, в которой мы так долго пребывали в предыдущей лекции, перенесемся в обширную и светлую лабораторию периода флогистиков, изображенную на картине, заимствованной из книг того времени.

Нас поражает глубокая разница. Алхимики, по примеру древних, пользовались при химических манипуляциях пре-

мущественно процессом сплавления; в новой же лаборатории мы видим ряд новых приборов для различных химических процессов.

Кроме ручной печи для сплавления тел, которая лишь в новейшее время уступила место современной электрической печи, мы видим здесь изящные колбы и пробирки, герметически закрытые бутылки для жидкостей и порошков, наконец, различные реторты и приемники, которые для нашего времени считаются эмблемами химического искусства. Все эти сосуды служат для нового вида химических операций, а именно, для реакций в растворах и жидких смесях, для, так называемых, превращений „мокрым путем". А рядом с ними мы видим пневматические ванны, колокола и собиратели газов, т.-е. приборы, применяемые в „пневматической химии" при изучении газообразных тел. За лабораторным столом сидит химик в парике, одетый по последней моде, и производит реакцию в пробирной склянке, советуясь со своим товарищем, вероятно, физиком. Двое молодых людей, не то служителей, не то ассистентов, приготовляют реагенты, устанавливают приборы для опытов, чистят сосуды после употребления.

В нижней части картины мы видим химические символы, употреблявшиеся в то время для обозначения элементов и химических соединений.

Препараты, получавшиеся посредством этих приборов, отличались большим разнообразием. Один взгляд на перечень известных в то время тел убедит нас в этом.

Стремления алхимиков, бесплодные в смысле достижения поставленной цели, но весьма ценные в виду потраченного на них запаса работы, а затем труды их односторонних преемников, т.-е. ятрохимиков, значительно увеличили число искусственно приготовляемых препаратов.

К семи металлам, которые были известны древним народам, присоединились два новых: металлическая сурьма (по латыни „regulus antimonii") и открытый Агриколой в 1529 г. висмут. Этот класс тел, объединенный под общим именем металлов, отличали от других, главным образом, по физическим свойствам, как наиболее видимым: блеску, растяжимости, теплопроводности и т. д. Металлы по их химическим свойствам, а особенно по действию на них нагре-

вания на воздухе, разделялись на „неблагородные“ и „благородные“. Неблагородные горят при нагревании и спустя некоторое время ржавеют; к ним принадлежат: железо, медь, цинк, олово, свинец, сурьма и висмут. Благородные металлы — золото, серебро и ртуть — не горят и не ржавеют.

Тела, образующиеся при горении (или ржавении) металлов, назывались „и з в е с т я м и“. Эти извести в те времена считались составными частями, элементами металлов. Металлы же, по примеру алхимиков, все еще считали сложными телами. Согласно взглядам того времени, металлы состоят из соответственного рода извести и из „флогистона“, особого тела, которое сыграло весьма важную роль в развитии теоретических воззрений рассматриваемой эпохи, о чем дальше скажем подробнее. Так, например, окалина, образующаяся при горении железа, называлась железной известью, черный продукт горения меди — медной известью, белый порошок, получаемый при горении цинка, — цинковой известью и т. д.

С классом, так называемых, известей сходна другая группа тел. Эти тела, образующиеся при обжигании солей, называются „землями“ В то время были известны и различались не много видов земель: известковая земля, получаемая при обжигании известкового камня, или обыкновенная известь, применяемая в строительном деле, горькая земля (магнезиальная земля), образующаяся при обжигании горькой соли, наконец, квасцовая земля (глина), получаемая, как продукт обжигания квасцов — вот важнейшие представители этого класса.

В настоящее время оба эти класса тел, — т.-е. извести и земли, — которые впоследствии оказались равнозначащими, принято соединять под общим именем „о к и с л о в“.

Следующий класс тел, так называемые, соли, содержит различные естественные и искусственные соединения. Кроме поваренной соли, общеизвестного представителя этого класса, к нему причисляются: купоросы, квасцы, аммиачная соль, горькая соль и глауберова соль, открытая ятрохимиком Г л а у б е р о м и названная его именем.

Отдельная группа солей, отличающаяся особыми химическими свойствами, была обособлена в класс щ е л о ч н ы х с о л е й, названных так потому, что прежде они получались

выщелачиванием золы. Этот щелок содержит едкое кали, тело, которое было известно и применялось еще в древности.

Щелочные соли делились на два подотдела: на слабые щелочные соли или щелочи, к которым причислялись сода и поташ, и едкие щелочные соли, получаемые варкой слабых солей с известью. Их едкое, жгучее действие приписывали содержанию флогистона. Из щелочных солей издавна была известна летучая щелочная соль; это — нашатырный спирт, или аммиак.

Совершенно противоположные свойства обнаруживает VI класс, — кислоты. Они делились тогда на три подотдела: во-первых, минеральные кислоты, к которым принадлежали важнейшие из кислот: серная, соляная и азотная, а затем были присоединены фосфорная и борная; во-вторых, растительные кислоты, из которых были уже известны: уксусная (составная часть уксуса), щавелевая, яблочная и янтарная; наконец, животные кислоты, из которых молочная и мочевая кислоты были открыты и исследованы в эту именно эпоху.

В этой системе не вмещались три тела, которые должны были поэтому вести самостоятельное существование: во-первых, вода, так как не было известно, считать ли ее элементом или сложным телом; затем сера и фосфор, которые всеми принимались за соединения серной и фосфорной кислоты с флогистоном. Фосфор, который только в позднейшее время начали применять для изготовления спичек, был открыт в 1669 г. алхимиком Брандтом в моче; этот алхимик искал философский камень и полагал, что он должен находиться, именно, в этой жидкости.

Последний класс, в этот лишь период обособившийся и подробно исследованный, содержит вещества с особыми физическими свойствами — газообразные тела. Химия газов, называвшаяся тогда пневматической химией, есть тот отдел химии, исследование которого дало возможность надлежащим образом понять важнейшие химические явления; эта область химии до последнего времени, т.-е. до новейших открытий относительно превращения радия в гелий, оставалась самой интересной и наиболее многообещающей.

Нам уже известно, что Ван Гельмонт различал разные виды воздуха, которые он называл газами, как, напри-

мер, лесной газ и горючий газ. Для дальнейших исследований химической стороны вопроса требовалось предварительное подробное ознакомление с физическими свойствами воздуха и сходных с ним веществ.

Гениальные исследования Торричелли о давлении воздуха и поражавшие современников опыты с воздухом, произведенные магдебургским бургомистром Герике, впервые обнаружили телесность воздуха, доказали, что воздух представляет собою вещество, во многих отношениях сходное с обыкновенными жидкостями, но гораздо более тонкое. Нужно было прежде всего научиться обращаться с этим веществом, перемещать его из одного сосуда в другой, подобно тому, как переливают воду; нужно было изобрести и усовершенствовать методы собирания, хранения и измерения газов. Лишь после того можно было приступить к опытным исследованиям химического действия различных газов, к установлению химических отличий между разными „видами воздуха“.

И тогда только стало вполне очевидным, что в природе и лаборатории существуют и могут быть получены различные виды газов, отличные от воздуха. Исследователи собирали эти газы, изучали их свойства и давали им названия.

Таким образом были открыты один за другим следующие газы: Блэк открыл двуокись углерода (постоянный воздух), Кэвендиш — водород (горючий воздух) и двуокись серы (сернистый газ); хлор (соляная кислота, лишенная флогистона) открыт Шееле; наконец, английскому химику Пристлею и упомянутому шведскому аптекарю Шееле удалось доказать, что воздух представляет собой не однородное тело, а смесь двух газов: кислорода (воздуха, лишенного флогистона) и азота (называвшегося тогда флогистизированным воздухом). Мы вскоре увидим, какую коренную перемену вызвали эти открытия в воззрениях на сущность химических явлений.

Если мы еще раз бросим взгляд на всю приведенную выше химическую систему периода флогистиков, то убедимся, что не только количество известных и исследованных тел значительно увеличилось, но и сама система потеряла тот поверхностный, можно даже сказать, случайный характер, каким отличались предшествовавшие системы — Аристотеля

и алхимиков. В противоположность старым системам новая систематика не основывается на физических свойствах, которые, хотя и легко обнаруживаются при поверхностном исследовании, но изменчивы и, как я указал в предыдущей лекции, зависят от происхождения продуктов, от случайных загрязнений, наконец, от обстоятельств и условий, при которых они подвергались исследованию. Здесь впервые выступает новый принцип систематики — генетическая связь тел, т.-е. зависимость, основанная на происхождении одних тел из других.

Система химических соединений в период флогистона.

I класс. Металлы
1) благородные: золото, серебро, ртуть;
2) неблагородные: железо, медь, цинк, олово, свинец, сурьма, висмут.

окислы
II класс. Извести: железная известь, медная известь, цинковая известь.
III класс. Земли: известковая земля, горькая земля, квасцовая земля.

IV класс. Соли: поваренная соль, аммиачная соль, купоросы, квасцы, горькая соль, глауберова соль.

V класс. Щелочные соли (щелочи)
1) слабые: поташ, сода;
2) едкие: едкое кали, едкий натр;
3) летучие: аммиачный спирт.

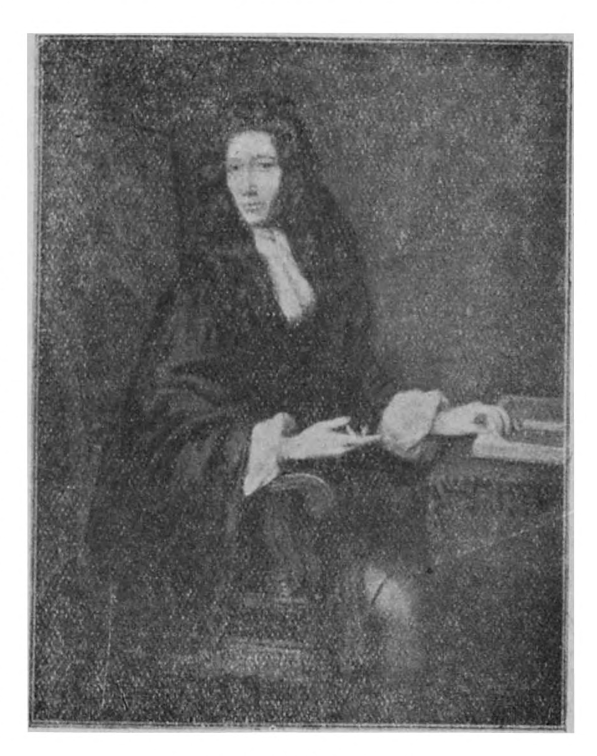
VI класс. Кислоты
1) минеральные: серная, соляная, азотная, фосфорная, борная;
2) растительные: уксусная, щавелевая, яблочная, янтарная;
3) животные: молочная, мочевая.

VII класс: вода, сера, фосфор.

VIII класс. Газы: углекислый газ, сернистый газ, водород, хлор, кислород, азот.

Хотя металлы все еще различаются на основании их внешних свойств, как то блеска, растяжимости и т. д., но уже второй класс—металлические извести—выводится из первого в силу происхождения. Если первичные тела, металлы, принадлежат к одному классу, то продукты их сжигания, т. е. извести, также должны составлять общий класс.

Равным образом обособившийся класс кислот подразделяется на подотделы на основании происхождения: минерального, растительного или животного. Оказалось, что некоторые газы, например, углекислый газ и сернистый газ, — по действию на них химических реагентов, — приближаются к классу кислот, хотя по физическим свойствам и отличаются от обыкновенных кислот. На это указывают и их названия: углекислота и сернистая кислота.


Рис. 18. Роберт Бойль.

Итак, мы видим, что в химии восторжествовал тот же естественный или генетический принцип систематики, который приблизительно в то же время, благодаря влиянию Кювье, приобрел права гражданства в зоологии и ботанике; это есть принцип общего происхождения.

Этот принцип в руках опытного экспериментатора представляет прекрасное средство, которое дает возможность различать тела и обнаруживать их присутствие даже в весьма сложных смесях. Первые основные шаги в этом направлении положил Роберт Бойль, который сделал свое имя бессмертным как в физике, так и в химии: он открыл известный закон относительно давления газов и обосновал аналитическую химию.

Бойль родился в 1627 г. в Ирландии. Он был седьмым сыном графа Корка. Молодые годы он провел большей частью заграницей, в Швейцарии и в Италии. Когда мате-

риальное благосостояние его отца было подорвано последствиями ирландской революции, он вернулся на родину. Это было в 1642 г. Несколько лет спустя он переселился в Оксфорд, где основал в 1654 г. „Философскую коллегию". Эта коллегия впоследствии была преобразована в знаменитое „Лондонское Королевское Общество", о значении которого я уже сегодня упомянул. В „Философской коллегии" Бойль впервые демонстрировал свои опыты над сжимаемостью воздуха. Умер он на 65-ом году жизни, в Лондоне.

Бойль показал, что различать тела и устанавливать их тождественность следует не по их окраске, блеску, сопротивлению и прочим физическим свойствам, а по тому, как они ведут себя в аналогичных химических превращениях. Так, если два подобных тела подвергнуть одинаковому химическому процессу, например, горению, то и продукты этого превращения должны быть подобны. Обратно, если из двух тел получаются подобные продукты, то мы в праве утверждать, что и начальные тела сходны между собою, что они принадлежат к одному и тому же химическому классу.

На этом, именно, принципе Бойль построил и научно обосновал искусство разложения тел, с той поры признанное единственной истинной задачей химии. Этот взгляд на цель химии удержался долгое время; так, например, на голландском языке химия до сих пор носит название „искусства разделения тел" („Scheikunde").

Чтобы хоть одним примером выяснить характер многочисленных методов, введенных Бойлем в науку, я покажу здесь воздействие некоторых растительных красящих веществ на два весьма важные класса: кислот и оснований (называвшихся тогда щелочными солями). Этот метод, предложенный впервые Бойлем, вскоре приобрел общее одобрение и в настоящее время является основным методом аналитической химии.

Здесь у меня в двух пробирках имеется раствор красящего вещества — лакмуса, находящегося в известном виде водорослей, называемых roccella tinctoria. Оба эти раствора лакмуса, как видим, фиолетового цвета. Достаточно, однако, к целой массе раствора прибавить одну каплю какой-либо кислоты, например, серной, чтобы окрасить весь раствор в красный цвет. Совершенно противоположное действие оказывают

основания. Если ко второй пробирке прибавить капельку раствора едкого натра, сейчас же весь раствор приобретает темноголубую окраску. Таким образом, лакмусовый раствор является весьма чувствительным средством, или „реагентом", для отличия кислот и оснований.

Перечисление всех или хотя бы только важнейших применений „химического анализа" повело бы нас слишком далеко. Поэтому достаточно здесь упомянуть, что ни одна из существующих отраслей человеческой деятельности не могла бы обойтись в настоящее время без этого искусства. Не говоря уже о промышленности, которая пользуется им беспрестанно во всех своих отраслях, укажу только, что врач применяет его все чаще для точного диагноза различных болезней, что юрист неоднократно находит в результатах химического анализа беспристрастные доказательства, более точные и неопровержимые, чем при самых хитрых способах судебного расследования.

Но важнейших успехов химической науки в рассматриваемый период следует искать не в химической систематике, не в усовершенствовании аналитического искусства. Самым главным приобретением науки в это время было исследование химических явлений самих по себе, углубление в сущность химических превращений. Предметом же изучения, послужившим примером для этого объяснения, было первое явление, открытое первобытным человеком или даже его праотцом, троглодитом: явление горения, огонь.

Ибо только в этот период среди химиков упрочилось мнение, что огонь есть не вещество, а явление, притом явление, которое может принимать самую разнообразную форму.

Многие из разнообразных видов огня вам в достаточной степени известны из повседневной жизни: вам знакомо горение дерева или угля, керосина или газа. И все вы, без сомнения, давно уже заметили то неприятное обстоятельство, что при всяком горении исчезает топливо; исчезает керосин в лампе, исчезает дерево и уголь в печи. Иногда только остается белый порошок, который мы называем золой. Но все эти вещества не исчезают бесплодно: они доставляют нам свет и теплоту, т.-е. те факторы, без которых мы в настоящее время не в состоянии вообразить себе даже самой первобытной культуры.

Суммируя все эти факты, можно сказать, что при каждом горении исчезает горючий материал и вместо него образуется свет и теплота, а во многих случаях и белый порошок — зола.

На основании этих простых фактов профессор университета в Галле Георгий Эрнст Шталь около 1700 года создал первую теорию горения, которая самодержавно господствовала почти в продолжение всего XVIII столетия, а отчасти находила применение даже в XIX веке. Это была теория флогистона.



Рис. 19. Георгий Шталь 1660–1734).

По Шталю, все горючие тела, независимо от их происхождения или свойств, содержат единую общую часть, одно и то же элементарное тело. Это тело, которое Шталь назвал флогистоном, превращается при горении в теплоту и свет. Но горючие тела, например, дерево, уголь, металлы, сера и пр. отнюдь не являются „чистым" флогистоном. Они представляют собою смеси, вернее, соединения флогистона с золой. При горении флогистон исчезает, и остается зола.

В некоторых случаях можно вновь соединить золу с флогистоном и таким образом получить обратно горючее тело. Нам уже известно, например, что при горении металлов остается зола, называемая металлической известью. Если эту золу нагревать с телом, богатым флогистоном, например, с углем, то флогистон угля присоединяется к металлической извести и вновь образует первоначальный металл. Таким образом, окалина, получаемая при горении железа, образует

при обжигании с углем металлическое железо, что можно схематически выразить посредством уравнения:

железная известь + флогистон = железо.

Наоборот, при горении железа происходит разложение железа на известь и флогистон согласно уравнению:

железо = железная известь + флогистон.

Правда, уже Бойль заметил, что при горении исчезает еще нечто, помимо горючего тела. Он обнаружил, что при горении свинца в закрытом сосуде исчезает не только свинец, но и часть воздуха, а именно, приблизительно $^1/_5$ полного объема воздуха, взятого для опыта.

Правда, было уже известно на основании повседневного опыта, что при горении могут образоваться и новые тела, кроме теплоты и света. При горении дерева или угля образуется зола, при горении металлов — известь, при горении серы или угля — газы, отличающиеся от воздуха по запаху и по действию на них реагентов. Все эти факты трудно было согласовать с флогистонной теорией. Но все известные в то время явления можно было выразить общим и точным способом, не пользуясь совсем флогистоном. Опираясь исключительно на факты, можно сказать, что при горении исчезает горючее тело плюс пятая часть воздуха (названная впоследствии кислородом), образуются же теплота (свет) плюс отличное от горючего материала новое вещество, смотря по роду тела, подвергшегося горению. Следовательно:

исчезают	образуются
горючее тело + $^1/_5$ часть воздуха;	теплота, свет + новое тело (зола, известь, углекислота, сернистая кислота и т. п.).

Итак, теория флогистона не объясняла этих явлений. Она представляла лишь сравнительно простое и удовлетворительное для того времени описание явлений горения, — описание, охватывавшее все частные случаи.

Согласно этой теории, зола, остающаяся при горении, есть составная часть горючего вещества. Между тем было уже известно, что во многих случаях, особенно при горении металлов, остающаяся зола весит более, чем первона-

чальное тело. Трудно было допустить, что составная часть тяжелее сложного тела. Чтобы устранить это противоречие, необходимо было предположить, что флогистон, эта горючая составная часть металлов, обладает отрицательным весом и вследствие того не подлежит, подобно другим телам, всеобщему притяжению, но, наоборот, отталкивается землей.

Интересно, что это предположение, которое теперь нам кажется шуткой, нашло себе мнимое подтверждение на опыте. А именно, было замечено, действительно, что тело весит в горячем состоянии менее, чем в холодном. Это легко обнаружить, нагревая посредством газовой горелки стеклянный сосуд, привешенный к весам. Мы замечаем, что весы выходят из положения равновесия: сосуд становится легче благодаря нагреванию. Таким образом, по тогдашним воззрениям считалось незыблемой истиной, что теплота обладает отрицательным весом!

В настоящее время мы приступаем к подобным опытам с более критическим отношением. Теперь мы знаем, что это уменьшение веса только кажущееся, что оно вызвано током нагретого воздуха, подымающегося вдоль стенок сосуда. Теперь мы знаем, что вес остается постоянным. Но тогда упомянутое доказательство признавалось вполне достаточным.

Итак, флогистонная теория считалась неоспоримой истиной. Никто не осмеливался колебать ее, пока не явился человек, разрушивший одним взмахом все это прекрасное здание. Не отрицанием, не доказательством ее неправильности, а просто тем, что ему удалось заменить ее новой теорией — лучшей, т. е. более простою и более точною. То был Лавуазье.

Следует отметить здесь факт, который весьма часто повторяется не только в истории химии, но и в истории всех точных наук. Лавуазье не был первым ученым, провозгласившим новую, „антифлогистонную“ теорию горения, хотя он бесспорно первый ввел ее в науку. Лавуазье не только опирался на экспериментальные исследования газов, сделанные почти одновременно другими химиками,—Блэком, Шееле и Пристлеем: он имел непосредственного предшественника в первом русском химике—Михаиле Васильевиче Ломоносове.

Жизнь этого выдающегося ученого, равно как и его труды в области гуманитарных наук: истории, словесности и литературы, достаточно известны. Известно, что Михаил Васильевич, родившийся в 1711 г.[1]) в селе Денисовке, Архангельской губ., был простым крестьянином, отличавшимся чрезвычайной жаждой знания. Известно, с какими трудностями ему пришлось бороться для того, чтобы утолить эту жажду. Ему пришлось бежать из дому, чтобы попасть в школу. Здесь двадцатилетнему юноше пришлось сидеть на одной скамье с ребятами, непрестанно насмехавшимися над своим старым товарищем. Притом он никогда не имел более

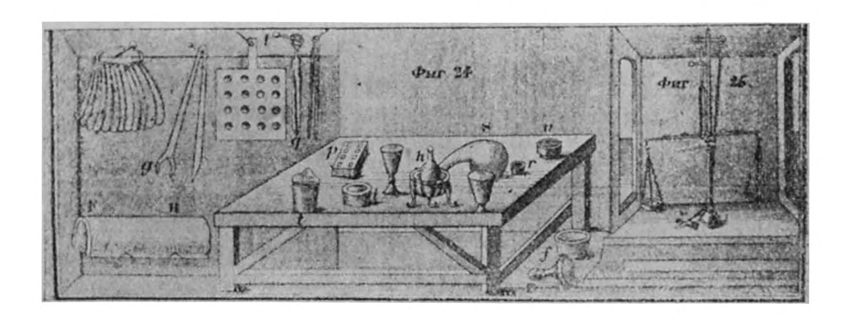


Рис. 20. Первая русская химическая лаборатория.

одного алтына на содержание. Только после пяти лет героической борьбы, после того как он некоторое время пробыл в Киевской Духовной Академии, ему удалось обратить на себя внимание. Он был послан, как лучший ученик, в Петербург, в Академию Наук, а затем Академией командирован за границу для изучения металлургии и химии. За границей Ломоносов пробыл пять лет, от 1736 до 1741 г. Ему часто приходилось терпеть нужду вследствие недостаточности назначенного содержания. Но он хорошо использовал свою поездку и приобрел весьма солидную подготовку не только практическую, но и теоретическую: он изучал — главным образом под руководством Христиана Вольфа в Марбурге — философию, математику, физику, логику и химию.

[1]) 8-го ноября 1911 г. Академия Наук в торжественном заседании праздновала 200-летний юбилей дня рожд. М. В. Ломоносова.

Вернувшись в 1741 г. на родину, Ломоносов представил Академии Наук две диссертации, за которые получил степень „адъюнкта" Академии с годичным содержанием в 360 р. Но так как Академия имела тогда очень мало средств, то часть жалованья выплачивалась натурой, т.-е. книгами, изданными той же Академией.



Рис. 21. М. В. Ломоносов.

Ломоносов сейчас же стал добиваться средств для постройки химической лаборатории; но эти настойчивые старания увенчались успехом только спустя шесть лет: 12-го октября 1748 г. была открыта первая русская химическая лаборатория, построенная по плану Ломоносова, выработанному им вместе с архитектором Шумахером. Она имела 14 метров в длину, 11 метров в ширину и $4^1/_2$ метра вышины. Постройка стоила 1344 р., а внутреннее оборудование около 600 р.!

В этой лаборатории Ломоносов произвел целый ряд исследований из области физической химии, того отдела химии, который в то время еще официально не был признан, и которому только в последнюю четверть минувшего столетия суждено было сыграть столь выдающуюся роль.

Кроме того, Ломоносов сделал целый ряд весьма важных теоретических открытий, которые далеко опередили научный уровень эпохи. В 1742—1744 г. он изложил в диссертации, оставшейся, к сожалению, ненапечатанной, оригинальные воззрения на природу и свойства атомов, весьма близкие к современной кинетической гипотезе газов. Теплота и различные другие явления сводятся к движению частиц, и таким образом закладывается основание под современный закон сохранения энергии. Из собственных опытов над обжиганием металлов М. В. Ломоносов самостоятельно выводит закон сохранения материи, высказанный им впервые в 1748 г. в письме к известному математику и члену Петербургской Академии Наук Л. Эйлеру. На русском языке этот принцип впервые был опубликован Ломоносовым в 1760 г., на 29 лет раньше Лавуазье.

Но все эти фундаментальные открытия не были использованы современниками. В то время как заслуги Ломоносова в области словесности и истории быстро нашли отзвук в тогдашнем русском обществе, физические и химические его работы остались неизвестными за границей и даже в России до последнего времени.

Только в 1904 г. Б. Н. Меншуткин впервые откопал из пыли архивов рукописные и печатные диссертации Ломоносова (написанные большей частью на латинском языке), разработал с чрезвычайной заботливостью его лабораторные журналы и доказал приоритет этого самородного русского гения в важнейших теоретических и практических исследованиях.

Нас интересуют здесь, главным образом, исследования Ломоносова относительно горения. В этом отношении выдающимися для той эпохи являются опыты над обжиганием металлов в закрытых сосудах: он доказывает, что после горения вес металла остается без изменения, и приходит к заключению, что во время горения на открытом воздухе

металлы соединяются с частью воздуха. Принцип сохранения материи, о котором мы выше уже упомянули, провозглашается Ломоносовым с полной ясностью и сознанием его общего значения:

„Все превращения, происходящие в природе, происходят так, что если где-нибудь что-нибудь прибывает, „то одновременно в другом месте что-нибудь убывает „в равной мере. Следовательно, если одному телу сколько-„нибудь материи прибывает, то другое тело столько же „ее теряет. Это общий закон природы; он при-„ложим также к законам движения: тело, которое при-„водит в движение другое тело посредством удара, те-„ряет столько же собственного движения, сколько оно „передает другому телу“.

Каким образом случилось, что все эти работы и исследования не были надлежащим образом оценены современниками, а после смерти автора были преданы полному забвению? Б. Н. Меншуткин, извлекший их на дневной свет через полтора столетия, усматривает 3 причины этого явления:

1) диссертации и много записок Ломоносова остались незаконченными;

2) его взгляды настолько расходились со взглядами современных ему ученых, что даже не были поняты последними;

3) деятельность Ломоносова была чрезвычайно разнообразна; его литературные заслуги, высоко оцененные современниками, отвлекли их внимание от его научных исследований, на которые многие смотрели тогда, как на бесполезную трату времени.

Судьба этих работ доказывает, сколь бесследно пропадают для культуры самые драгоценные семена идей, если они падают на неблагоприятную почву. Гораздо более счастливые условия для восприятия идей встретил тридцать лет после Ломоносова другой гениальный экспериментатор и систематик Лавуазье. Антуан Л. Лавуазье родился в 1743 г. в Париже и там же скончался в 1794 г. По странному стечению событий, — хотя, быть может, не вполне случайному, — великая революция в химии совершилась

в то же время и в том же месте, где произошла великая политическая революция.

Отец Антуана, довольно состоятельный адвокат, мог доставить сыну соответствующее его положению воспитание. К несчастию, удар, поразѝвший вскоре семью Лавуазье, рас-



Рис. 22. А. Л. Лавуазье (1743—1794).

сеял прекрасные мечты: мать умерла в молодых летах, оставив двоих сирот: пятилетнего Антуана и трехлетнюю дочь.

В тяжком горе будущий химик нашел ангела хранителя в лице сестры покойной матери. Тетка занялась воспитанием сирот и своими попечениями и лаской стремилась хоть отчасти заменить им материнскую любовь. Мадемуазель Понсе

отказывала всем домогавшимся ее руки и осталась до конца жизни верной взятым на себя обязанностям. Благодаря этому, между теткой и племянником создались чрезвычайно сердечные отношения, основанные на материнской заботливости и искренней дружбе. Переписка Лавуазье представляет прекрасное доказательство этой взаимной дружбы, ничем не нарушенной до смерти мадемуазель Понсе. Окончив курс наук в коллегии Мазарини, Антуан поступил на юридический факультет Парижского университета, с намерением последовать примеру своего отца. Занимаясь усердно, он удостоился степени баккалавра и лиценциата прав; но прирожденное стремление влекло его в другую сторону,— в направлении точных наук, главным образом, математики, а затем химии и ботаники. Работая в этой области, он познакомился с известным минералогом, профессором Геттаром, и это знакомство оказало решающее влияние на ег дальнейшую судьбу.

Профессору Геттару было поручено министром издание минералогического атласа Франции. Это издание требовало обширных исследований в различных местностях Франции, главным образом в Эльзасе и Лотарингии. Для исследований Геттару необходим был помощник, и молодой Лавуазье с радостью согласился на предложенную ему совместную научную поездку.

Путешествие в Вогезы обогатило ум Лавуазье новыми разнообразными сведениями, дало ему много прекрасных впечатлений. Но, кроме того, оно было первым шагом блестящей карьеры. По предложению Геттара, Лавуазье, имевший тогда всего 25 лет от роду, был избран членом Академии Наук.

Это была большая честь, которая в материальном отношении давала, однако, мало. Желая занять общественное положение и вместе с тем увеличить свои доходы, Лавуазье решил купить себе должность сборщика податей, что впоследствии оказало роковое влияние на судьбу ученого. Благодаря этой же должности, Лавуазье вошел в сношение с главным сборщиком податей, господином Пользе, стал бывать в его доме и познакомился с его прелестной дочерью. Мадемуазель Пользе было всего 13 лет, но, несмотря на столь юный возраст, ее красота обратила на себя внимание света. За нею

ухаживал князь д'Амирваль, человек не молодой, лет пятидесяти, что, однако, не мешало ему влюбиться по уши в прекрасную девушку. Но она чувствовала отвращение к князю и питала симпатию к молодому, образованному академику и потому на объяснение князя ответила решительным отказом. Так как д'Амирваль из мести старался интригами и через влиятельных друзей вредить Польэе, то ре-



Рис. 23. Супруги Лавуазье.

шено было выдать дочь за Лавуазье, чтобы раз на всегда покончить с этим делом.

Жена Лавуазье была прекрасна и молода. Благодаря женской проницательности, она поняла, что талант мужа сулит ему блестящие надежды на научном поприще. Обладая значительной долей честолюбия, она сумела усиленным трудом приобрести достаточную научную подготовку, чтобы

понимать труды мужа и помогать ему в выполнении задуманных опытов. Эта красивая и умная женщина переводила химические сочинения, принимала участие почти во всех важнейших опытах, целые часы просиживала в лаборатории, вела лабораторный журнал, наконец, рисовала приборы, как это видно из двух приложенных рисунков (рис. 24 и 25), исполненных ею: они иллюстрируют исторические опыты Лавуазье над дыханием человека.

Гостеприимный дом Лавуазье вскоре стал центром общественной жизни для всего научного мира. Конечно, члены Академии были там постоянными посетителями. Но и знаменитейшие ученые других стран считали своей обязанностью во время пребывания в Париже побывать в доме Лавуазье, чтобы не только выразить уважение хозяину, но и познакомиться с очаровательной хозяйкой, которая поражала всех своими способностями и остроумием. Она же в таких случаях направляла разговор на научные темы, под видом невинной беседы изучая воззрения и идеи самых выдающихся ученых столетия и заимствуя у них материал, который потом служил для опытов ее мужа в лаборатории.

И действительно, время для этого было самое подходящее. Опытные исследования предшественников и современников Лавуазье накопили материал, необходимый для назревшего в науке переворота. Этот материал ожидал лишь гения, который сумел бы его использовать. Такой гений явился в лице Лавуазье. На его долю выпала счастливая, столь редкая в истории науки роль зодчего, который построил новое здание, гениально использовав труды других ученых.

Со времени опытов Рея и Майова над горением металлов было известно, что продукты горения (извести) весят больше, чем сгоревший металл. Пристлей доказал, что при горении исчезает часть воздуха; он обнаружил, что эта часть воздуха представляет особый газ, флогистизированный воздух (кислород), и показал, как можно получить этот газ в чистом виде. Немного раньше Блэк познакомил научный мир со свойствами углекислоты, газообразного вещества, образующегося при горении угля или растительных и животных веществ.

Но до Лавуазье никто не имел достаточной смелости ума, чтобы из этих отдельных открытий вывести надлежащие

Рис. 24. Опыты над дыханием человека.

Рис. 25. Опыты над дыханием человека.

заключения. Лавуазье первый мужественно вступил в борьбу с господствовавшей теорией флогистона.

„Горение представляет собою не разложение горючих тел на элементы, но, наоборот, соединение тел, а именно, соединение горючего тела с кислородом воздуха. Продукты



Рис. 26. Бертолле посещает Лавуазье в его лаборатории.

горения, — металлические извести, сернистая, угольная, фосфорная и другие кислоты, — представляют собою не элементы, а химические соединения металлов, серы, угля, фосфора и прочих горючих тел с кислородом. Во всех же явлениях горения, т. е. соединения с кислородом, вес

вещества, образующегося при горении, точно равняется весу сгоревшего тела плюс вес израсходованного кислорода:

продукт горения = горючее тело + кислород“.

Здесь мы видим коренное изменение прежней теории горения, основанной Шталем. В истории науки известен еще один подобный переворот, а именно, замена геоцентрической системы Птоломея, по которой солнце и планеты вращаются вокруг земли, гелиоцентрической

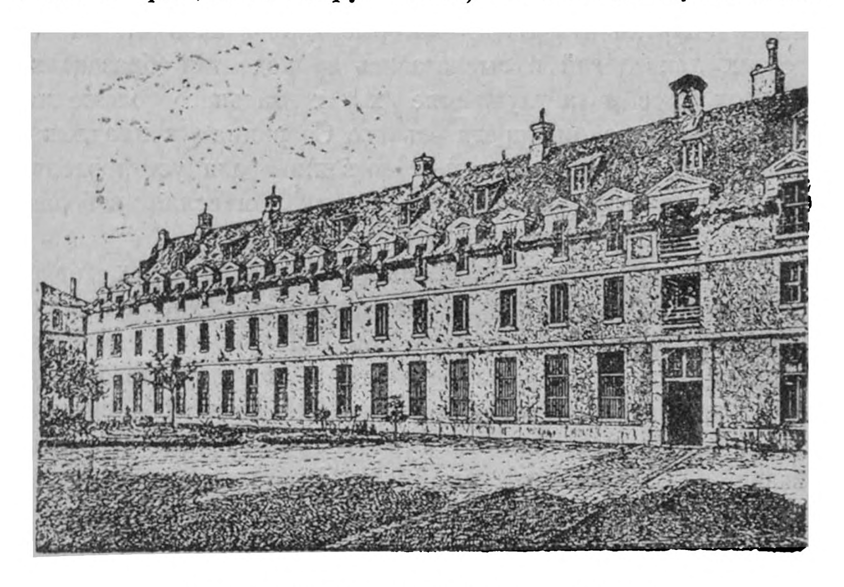


Рис. 27. Тюрьма „de Port Libre“ в Париже.

системой Коперника, по которой земля и планеты вращаются вокруг солнца.

Более того, в новой теории горения Лавуазье мы находим впервые выражение важнейшего и самого точного космического принципа, принципа постоянства массы, формулированного затем в прекрасном положении: „la nature ne fait rien de rien, et la matière ne se perd point“, т.-е. в природе ничто не делается из ничего, и материя не исчезает.

Лавуазье не принадлежал к числу людей, которые страшатся выводов из своей собственной теории. Напротив, выводы служили для него толчком к дальнейшим исследова-

ниям. Вскоре он опубликовал свои исследования, доказывающие, что дыхание человека и животных представляет химическое явление — медленное горение. Лавуазье издал, кроме того, учебник химии, основанный на учении о кислороде, и ввел новые названия тел, соответствующие их действительному составу, причем он пользовался советами своего выдающегося современника Бертолле.

По своим политическим воззрениям Лавуазье принадлежал к группе людей, которую можно было бы назвать умеренно-либеральной. Он был автором доклада, выработанного дворянами департамента Блуа, которые добровольно отказались от своих привилегий и высказались за поднятие образования народных масс и за улучшение их материального положения. Лавуазье был членом Учредительного Собрания и принадлежал к правительственной комиссии, созванной для установления единиц мер и весов, и к многим другим комиссиям, заботившимся о благе родины и науки.

Но все эти заслуги не имели значения в глазах террористического правительства Робеспьера. Вследствие неосновательного обвинения, будто бы Лавуазье в качестве сборщика податей позволил себе некоторые злоупотребления, он был арестован вместе с другими бывшими сборщиками податей, и революционный трибунал присудил Лавуазье к казни. „La patrie n'a pas besoin des savants“, отечество не нуждается в ученых, — таков был единственный ответ, данный председателем суда защите, ссылавшейся на научное значение Лавуазье. Голова великого химика пала под ножом гильотины 22-го флореала второго года французской республики. „Достаточно было одного мгновения, чтобы уничтожить жизнь гения, появления которого человечество ожидало целые столетия“.

ИСТОЧНИКИ.

Scheele C. W. Chemische Abhandlung von der Luft und vom Feuer (1777) Ostwalds Klassiker № 58. Leipzig, 1894.

Lavoisier A. Traité élémentaire de Chimie présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes. Paris, 1789.

Grimaux E. Lavoisier. Paris, 1888.

Berthelot M. La révolution chimique — Lavoisier. Paris, 1890.

Kahlbaum und Hoffmann. Einführung der Lehre Lavoisiers in Deutschland. — Lavoisiers Anteil an der Bestimmung der Zusammensetzung des Wassers. Leipzig, 1897.

Меншуткин Б. Н. М. В. Ломоносов, как физико-химик. С.-Петербург, 1904. (Известия С.-Петербургского Политехнического Института).

Ramsay W. Essays biographical and chemical. London, 1908.

Ramsay W. Vergangenes und Künftiges aus der Chemie. Нем. перев. В. Оствальда. Leipzig, 1909.

Л. А. Чугаев. Открытие кислорода и теории горения. НХТИ. 1919.

———

ЛЕКЦИЯ IV.

Сэр Гёмфри Дэви и его служитель.

Взгляд на пройденное. — Элементы и соединения. — Постоянство массы. — Этот принцип не является априорным. — Критики. — Влияние физики на развитие химии. — Химическая систематика. — Окислы: основания и кислоты. — Значение воды. — Соли, как соединения оснований с кислотами.— Дальнейшее развитие систематики. — Открытие Вольты. — Г. Дэви.—Его жизнь. — Заслуги. — Royal Institution. — Михаил Фарадэй. — Поступление в лабораторию Дэви. — Путешествие по Европе. - Труды Фарадэя и их результаты. — Дальнейшее развитие электрохимии.

Флогистон пал. На его развалинах воздвигалось новое здание химии, начатое Лавуазье и достраивавшееся вширь и вглубь его преемниками, — здание столь обширное, что оно могло вместить все факты, открытые последующими поколениями до настоящего времени. Учение Лавуазье было принято не сразу. Выдающиеся исследователи тех времен, даже такие, которые своими исследованиями более всего способствовали появлению новой науки, как Блэк, Пристлей, Шееле и др., не могли отказаться от флогистона. Даже друзья Лавуазье, как Бертолле, Фуркруа и Гютон де Морво первоначально боялись новой „пневматической теории горения“.

Лавуазье не жалел трудов, чтобы освоить со своей теорией консервативные умы ученого мира: он опубликовал ряд новых исследований в этой области и издал учебник химии на основе новой теории. После смерти Лавуазье начатое им дело продолжала его вдова.

Вдова Лавуазье, хотя и тяжело потрясенная ужасной судьбой, постигшей ее мужа, задалась однако целью показать миру научное значение покойного. Сперва она обратилась к некоторым выдающимся ученым с просьбой издать посмертные

сочинения Лавуазье; когда же те отказались, опасаясь мести со стороны стоящих у власти врагов Лавуазье, она сама опубликовала его дневник, снабдив его от себя вступлением. Спустя несколько лет, она вторично вышла замуж за знаменитого английского физика графа Румфорда, того самого, который впервые обнаружил на опыте превращение работы в теплоту. Однако, она не уже больше нашла утраченного счастья. После четырехлетней совместной жизни супруги разошлись, и она всецело отдалась общественной жизни. Ее салон в продолжение 27 лет был излюбленным местом собраний тогдашнего научного мира, пока смэрть не похитила ее на 68 году жизни.

В чем же состояло научное значение теории Лавуазье? Ее можно свести к двум главным принципам.

1) Вес соединения всегда больше веса любой составной части этого соединения. Следовательно, вес металлической извести, представляющей, согласно пневматической теории, соединение металла с кислородом, должен быть больше веса сгоревшего металла и израсходованного кислорода, взятых порознь; вес углекислоты, представляющей продукт горения угля, должен быть больше веса угля и т. д.; вообще же продукт горения всегда должен весить больше, чем сгоревшее тело.

2) Полный вес всех тел, участвующих в каком-либо химическом явлении, не изменяется по окончании явления. Этот принцип получил, как известно, название „принципа постоянства материи". Точнее следовало бы его назвать „принципом постоянства массы".

Оба принципа в настоящее время для нас понятны сами по себе. Ими настолько проникнут весь наш способ мышления, что мы не в состоянии вообразить себе мир, в котором бы эти принципы не соблюдались. Мы не в состоянии понять, как могла человеческая мысль обойтись без них в продолжение стольких веков. Как можно было допустить хотя бы на мгновение, что часть тяжелее целого? Как можно было даже представить себе уничтожение или появление из ничего такой постоянной вещи, как материя? Этим, именно,

объясняется, почему нам трудно теперь надлежащим образом оценить значение теории Лавуазье, почему нам трудно понять, что она могла встретить сильное сопротивление со стороны ученых. Поэтому следует уяснить себе, что в естественных науках, — и, вероятно, даже вообще в точных науках, — нет места для априорных принципов, т.-е. таких, которые являются следствием исключительно размышления, а не опытов, хотя бы очень простых.

Если мы усумнимся в правильности этой аксиомы, то напомним, что, так называемый, принцип постоянства материи, — принцип, считающийся в настоящее время общим местом, — появился лишь благодаря фактам, открытым Лавуазье и его предшественниками; припомним, что этот принцип верен лишь до тех пор, пока мы измеряем количество вещества посредством массы или веса тела, который пропорционален массе. Если же мы попробуем измерять количество вещества не весом, а объемом, то вскоре убедимся, что начало постоянства вещества, равно как и первый принцип, согласно которому целое больше части, не оправдывается опытом.

Законы природы не суть навязанные природе абсолютные предписания, но, напротив, коренятся в самих явлениях, представляя собой общее выражение опытов и наблюдений.

Такой именно характер имеет и закон постоянства веса или массы. Открытием этого закона химия обязана физике, которая в ту эпоху достигла высокой степени развития. В особенности способствовала этому механика, в которой введенное Ньютоном понятие массы оказалось чрезвычайно плодотворным. Несомненно, что механика повлияла непосредственно на изменение воззрений химиков. Раз уже закон постоянства массы был объявлен и принят, он должен был стать орудием дальнейших исследований, источником новых обобщений, новых законов, новых теорий. Его влияние выразилось прежде всего в реформе химической классификации. Генетический принцип системы химических тел, введенный еще в период флогистона, исследователи применяли до тех пор инстинктивно, а следовательно, произвольно, так как недоставало еще точных оснований для различения составных частей и соединений. Учение Лавуазье вполне ясно определило эти отличия.

Впервые возникло точное понятие **э л е м е н т а**, **как тела, вес которого не подвергается уменьшению при каком бы то ни было химическом превращении.**

Среди известных тогда элементов особенное место занимает кислород, составная часть воздуха, поддерживающая горение. Кислород обладает способностью соединяться со всеми элементами.

Все же остальные элементы подразделяются на 2 класса:

1) **м е т а л л ы** и

2) н е м е т а л л ы.

Число металлов увеличилось. К благородным металлам, из которых до тех пор были известны лишь три: золото, серебро и ртуть, присоединяется **п л а т и н а**. Название ее происходит от испанского слова „плата“, означающего серебро. Впервые она была найдена в Америке, в золотом песке реки Пинто, и в 1741 г. привезена в Европу. Значение этого металла, стоящего по своей применимости выше остальных металлов, не исключая даже золота, обнаружилось лишь значительно позже. Платина отличается способностью сопротивляться высоким температурам и химическим реагентам, и этому, именно, свойству платина обязана своим широким применением для выделки сосудов, употребляемых в лаборатории и в химической промышленности. Вот, например. платиновый тигель и чашечка, — приборы, необходимые в каждой лаборатории.

Увеличилось также число неблагородных металлов. Было открыто 5 новых металлов, сходных с известным издавна железом: х р о м, м о л и б д е н, м а р г а н е ц, к о б а л ь т, н и к к е л ь.

В настоящее время хром и марганец, образчики которых вы видите перед собою, прибавляются к стали для увеличения ее твердости. Известная сталь К р у п п а, которая применяется для бронирования военных судов, выделывается из хромовой стали. Никкель известен всем из обыденной жизни, так что я считаю излишним его показывать. Далее мы находим в таблице старых знакомых:

ц и н к, о л о в о, м е д ь и с в и н е ц, а т а к ж е м ы ш ь я к, с у р ь м у и в и с м у т. Таков список металлов, которые были известны в начале XIX столетия.

Менее многочисленным был класс неметаллов, называемых также м е т а л л о и д а м и. К нему принадлежит прежде

всего газ водород, самый легкий из всех элементов; он представляет собою составную часть воды. Водород находится как бы на границе между металлами и неметаллами.

К этому классу принадлежит газообразное тело азот, главная часть воздуха.

К этому же классу был причислен углерод, элемент, встречающийся в природе в трех видах: в виде обыкновенного каменного угля, в виде графита и, наконец, в виде драгоценного алмаза.

К категории элементов были причислены еще два горючих тела, считавшиеся раньше соединениями флогистона: сера и фосфор. В конце же XVIII века сюда был присоединен и теллур, неразрывный спутник серы в природе.

Таблица, изображающая химическую систему начала XIX столетия.

А. Элементы.

I класс: металлы { благородные и неблагородные

II класс: неметаллы.

III класс: кислород.

Б. Соединения.

I класс: окислы { 1) окислы металлов (основания) 2) окислы неметаллов (кислоты) 3) вода

II класс: соли (соединения окислов металлов с окислами неметаллов).

В 1819 г. Берцелиус опубликовал электрохимическую теорию химических соединений, которая затем в продолжение пятидесяти лет господствовала в химии. Берцелиус приписал элементам электрические заряды, положительные и отрицательные. Так, в кислороде преобладает отрицательный заряд, в металлах же — положительный. Химическое сродство зависит лишь от величины этих электрических зарядов. Химическое соединение состоит, следовательно, в электрической нейтрализации разноименных зарядов, в электрическом разряде, результатом которого является теплота и свет. На

основании этой теории была создана система химических тел, при помощи которой удалось охватить все факты неорганической химии. Только впоследствии в органической химии гипотеза Берцелиуса натолкнулась впервые на несоответствие с фактами, что и вызвало затем падение этой теории, называвшейся тогда „дуалистической“, и замену ее другою, так называемой, „унитарной“ Все другие химические тела, природные и искусственные, являются соединениями упомянутых элементов; они представляют собой соединение двух, трех или большего числа этих элементов. Разнообразие соединений, различие их физических и химических свойств обусловливаются количеством и качеством элементов, входящих в состав того или другого соединения.

Важнейшие из этих соединений, собственно единственные, которые были в то время более подробно изучены, — это кислородные. Они получили название окислов. Сюда относятся прежде всего окислы металлов, продукты их горения в воздухе или в кислороде. Это были те самые тела, которые по воззрениям флогистиков представляли собой элементы, составные части металлов, и назывались известями. К ним были также причислены щелочи: едкое кали и едкий натр, а также аммиак, окисел гипотетического металла аммония. К окислам металлов причислялись и земли. Шесть таких земель были подробно исследованы. Это были: неоднократно упоминавшаяся нами известковая земля и сходные с ней баритовая и стронциевая земли, затем квасцовая земля (основная часть глины), горькая земля, называемая теперь окисью магния, наконец, „черная магнезия“ (перекись марганца), известная чуть ли не со времен Гебера.

Хотя этих земель в то время не удалось еще разложить на элементы, но так как сходство земель с окислами очень велико и кислоты действуют на них одинаково, то эти земли были признаны кислородными соединениями вображаемых металлов, которые получили следующие названия: калий, натрий, кальций, стронций, барий, алюминий и магний. Эти металлы существовали пока лишь на бумаге, т.-е. в воображении химиков, веривших в их действительное существование.

Все упомянутые окислы металлов — как существовавшие в действительности, так и те, существование которых пред-

полагалось по аналогии, — обладают сходными химическими свойствами, составляют один общий класс „оснований“. Между тем соединения кислорода с неметаллами отличаются прямо противоположными свойствами. Они составили класс „кислот“.

Так, окислы серы образуют кислоты—серную и сернистую. От соединения фосфора с кислородом получается фосфорная кислота. Подобным образом кремневая и борная кислоты должны были соответствовать окислам воображаемых элементов, кремния и бора, которые в свободном состоянии тогда еще не были известны.

К той же группе окислов был причислен хлор, газообразное тело, полученное Шееле в предыдущем столетии. Это тело также образует кислоту, называемую соляной, а с металлами дает соли, примером которых может служить всем известная поваренная соль, или хлористый натрий.

Хотя хлора не удалось разложить на более простые тела, однако, химики того времени считали его по аналогии с другими кислотами окислом особого предполагаемого элемента, который назывался по-латыни „murium“. Этот элемент, как несуществующий, был впоследствии исключен из химической системы. Но он еще сохранился по настоящее время в аптекарской терминологии, в которой соляная кислота называется по латыни „acidum muriaticum“

На границе между этими двумя группами находится двуполое тело. Это вода. Как окись водорода, она не представляет собою строгого основания, но и не является строгой кислотой, а есть нечто среднее между основанием и кислотой.

Химики не знали, куда ее причислить. Подобные же сомнения вызывал и водород: химики не знали, считать ли его металлом или металлоидом.

Все эти соединения — двойные; это — соединение двух элементов между собою: металла с кислородом или металлоида с кислородом. От соединения оснований с кислотами получаются тройные соединения: металла с металлоидом и кислородом. Эти соединения называются солями. Мы уже познакомились с ними на предыдущих лекциях.

Я уже тогда упомянул, что две большие группы двойных соединений, кислоты и основания, обладают совершенно противоположными свойствами.

С одной из этих противоположностей мы познакомились на предыдущей лекции. Она выражается в различном действии лакмуса, — известного растительного окрашивающего вещества, — на кислоты и основания. Кислоты окрашивают лакмус в красный цвет, основания же — в синий. В сегодняшней беседе мы познакомимся с еще более поразительным контрастом между обеими группами, который проявляется в действии электрического тока.

„Крайности сходятся“ — говорит пословица. Подобно тому, как некоторые знатоки человеческого сердца утверждают, что для зарождения любви между двумя сердцами требуется известная противоположность характеров, так тогдашние знатоки химии предполагали, что для возникновения взаимной любви двух элементов, которая дала бы их химическое соединение, необходима некоторая противоположность в характере обоих элементов. Это были следы прежнего антропоморфического взгляда на природу, столь ярко выразившегося у Ван Гельмонта. Действительно, взаимная любовь кислот и оснований должна быть немалой, так как при их соприкосновении образуется теплота, о которой мы можем составить себе понятие по следующему опыту.

Здесь у меня два раствора: раствор кислоты, а именно, серной, и раствор основания, — натриевой щелочи. В один из этих сосудов я погружаю колбочку с эфиром. Известно, что это тело закипает при температуре, которая немного выше комнатной: оно кипит уже при температуре человеческого тела. Два раствора взяты на холоду, так что эфир не закипает, если погрузим колбочку в тот или другой раствор. Если же смешать кислоту с основанием, то они вследствие соединения нагреваются столь сильно, что эфир начинает бурно кипеть, и пары его, как видите, мы можем легко зажечь.

Продуктом этого соединения является с о л ь. В данном случае это сернокислый натрий, который мы уже знаем под именем глауберовой соли. Оба же действующие тела, серная кислота и основание, вследствие соединения, лишились своих отличительных свойств. Полученный нами раствор — ни кислый, ни основной; он, как говорят химики, — „нейтральный“

Таким образом, соединяя различные кислоты с разными основаниями, можно получить множество солей, подробное перечисление которых выходит из рамок нашего историче-

ского рассказа, ибо мы поставили себе задачей дать лишь общий очерк развития химической классификации.

Сопоставляя все вышесказанное, можно утверждать, что заслуга антифлогистонного учения состояла в том, что ему удалось не только собрать все известные факты в стройное и простое целое, но и предсказать дотоле совершенно неизвестные факты. Оно предсказало существование новых, неизвестных элементов: щелочных металлов и щелочных земель. Этому предсказанию суждено было вскоре сбыться.



Рис. 28. Людовик Гальвани (1737—1798).

Предположение о существовании этих элементов не могло бы подтвердиться, если бы на помощь химии не пришла ее сестра физика, с которою она уже издавна жила под одной кровлей.

Что влияние физики на развитие химии проявилось еще в предыдущий период, нам уже известно. Я старался доказать, что химия газов, или пневматическая химия, не была бы в состоянии развиться, если бы ей не предшествовали опыты с воздухом, произведенные физиками.

Далее, самые выдающиеся пневматики флогистонного периода—Бойль, Блэк и Кэвендиш—совмещали в себе каждый химика и физика в одном лице.

Дальше я указал, что открытие закона постоянства массы и введение весов в химическую лабораторию (Лавуазье) тесно связано с развитием механики благодаря трудам Ньютона и других ученых, сделавших точным самое понятие массы. Словом, влияние физики на судьбу химии не может подлежать никакому сомнению.

В 1791 г. ученый мир был удивлен небольшой брошюрой одного болонского врача. В ней он описал электриче-

ские явления, замеченные им совершенно случайно при одном физиологическом опыте. Этот врач, по имени Людовик

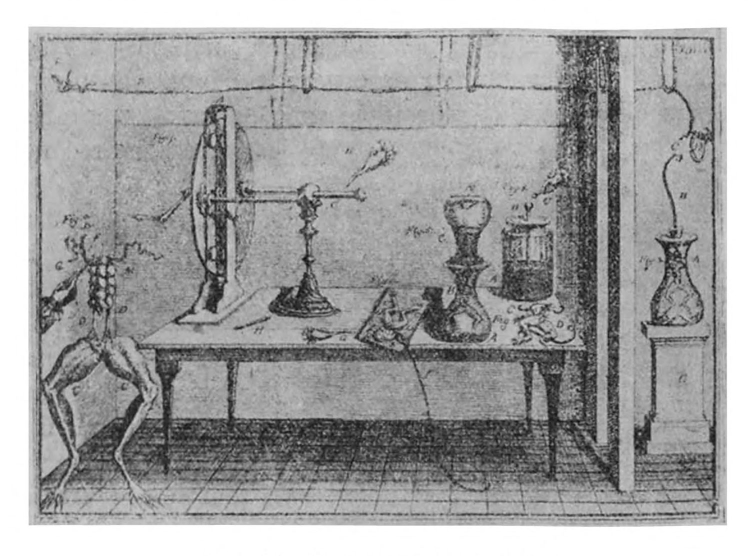


Рис. 29. Гальванические опыты.

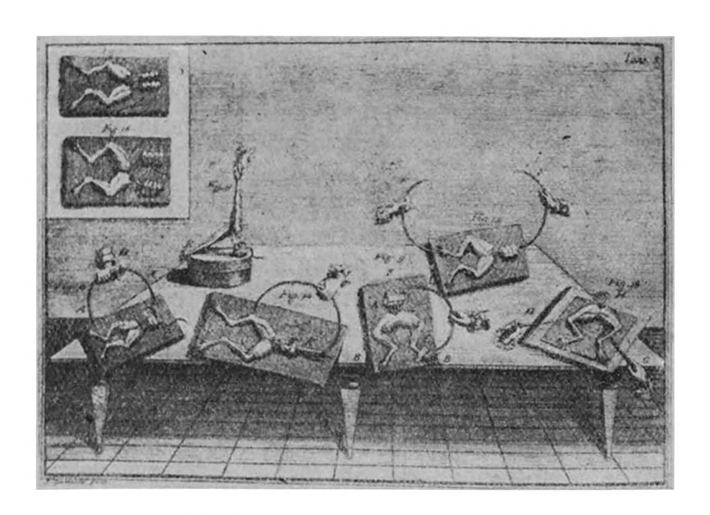


Рис. 30. Гальванические опыты.

Гальвани, препарировал в своей лаборатории лягушку в то время, как один из его ассистентов производил опыты с электрической машиной. Притрагиваясь скальпелем к мышцам

лягушки, Гальвани заметил, что при каждом таком прикосновении мышцы судорожно вздрагивают. Это наблюдение он счел достаточным для утверждения, что животные обладают особым родом электрической жидкости, которой Гальвани дал название „животного“ электричества. Несчастным лягушкам пришлось стать объектом разнообразных мучительных экспериментов, целью которых было изучить сущность этой электрической жидкости.



Рис. 31. Александр Вольта (1745—1827).

Бессмертную заслугу гениального итальянского физика **Александра Вольты** составляет утверждение, что замеченные **Гальвани** электрические явления не имеют ничего общего ни с природой лягушки, ни вообще с отправлениями животных. Он доказал вскоре после опубликования опытов Гальвани, что электрический ток возникает всякий раз, когда два различных металла приходят в соприкосновение с какой-либо жидкостью.

Если несколько таких пар металлов, например, пары, составленные из медных и цинковых кружков, наложить одну на другую, поместив между каждыми двумя парами суконные кружки, пропитанные какой-либо жидкостью, например, разбавленной серной кислотой, то получается столь сильный электрический столб, что ток от него, как можно видеть, вызывает искры при сближении обоих концов проволоки.

Такой прибор называется вольтовым столбом; на рисунке 32 он изображен схематически.

Исследования Вольты вызвали необычайный интерес. Наполеон Бонапарт, который тогда был еще консулом французской республики, предложил Вольте прочесть доклад о своих открытиях. Вообще, Наполеон сильно заинтересовался гальванизмом: это он, главным образом, способствовал учреждению в Париже „Гальванического общества,“ целью которого было содействовать и поощрять исследование гальванических явлений. Гальванизм вошел в моду не только в Италии и Франции, но и во всей Европе. Кто только располагал несколькими медными и серебряными монетами, не отказывал себе в удовольствии построить вольтов столб. С этим столбом проделывали разные опыты, его применяли

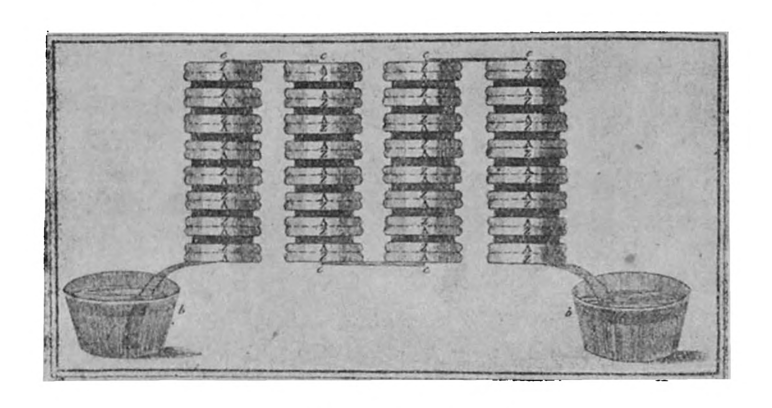


Рис. 32. Вольтов столб.

для различных целей. Гальванизму приписывались чудодейственные лечебные свойства: глухонемым он будто-бы возвращает слух; он одаряет людей способностью угадывать присутствие ценных металлов и даже определенных лиц. Одним словом, гальванизму приписывались те чудеса, о которых мы теперь слышим от приверженцев спиритизма, медиумизма и других, так называемых, оккультивных „наук“.

Понятно, что были и истинные исследователи, которые обладали необходимой в науке долей критицизма и своими трудами способствовали действительному успеху в области гальванизма. Ни один из них не превзошел в этом направлении английского химика Гёмфри Дэви, жизнь и труды которого заслуживают более близкого знакомства.

Г. Дэви родился 17-го декабря 1778 г. в маленьком английском городишке Пензансе, расположенном в Корнуэльском графстве. Жители были весьма неприхотливы: весь извозный промысел сводился к одной повозке, и на 2000 жителей приходился один единственный ковер. В большинстве домов полы были посыпаны песком, а серебряной ложки нельзя было найти во всем городке.

Таким образом, Дэви воспитывался в весьма простой обстановке. Его отец был резчиком по дереву. Семья была

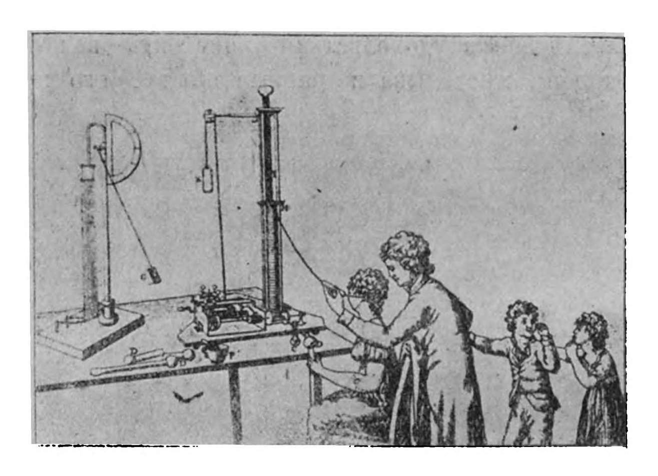


Рис. 33. Гальваническое действие—излечение глухого.

бедна. После смерти отца молодой Гемфри был отдан в учение к хирургу. Еще в школе Дэви питал глубокую ненависть к греческому языку и латыни, но зато с увлечением занимался фейерверками. Это занятие он продолжал и у хирурга, который в Англии в то время должен был также исполнять обязанности аптекаря. Благодаря этому обстоятельству, Дэви познакомился с некоторыми химическими манипуляциями. Своими остроумными опытами, своим влечением к изучению природы и, наконец, своими выдающимися умственными способностями он вскоре обратил на себя внимание. Его дарования были удивительно всесторонни. Среди юношеских произведений знаменитого химика мы находим рассуждения философского, религиозного и политического содержания. Не отсутствует также и поэзия. Его стихи свидетельствуют о неподдельном поэтическом таланте. Некоторые его поэтические

произведения впоследствии были изданы отдельным сборником. До конца жизни Дэви остался верен своему влечению к поэзии. Его „Consolations in Travel“ (Утешительные размышления в путешествии или последние дни философа) могут даже теперь удовлетворить художественному вкусу.

Миросозерцание Дэви характеризуется некоторыми афоризмами, сохранившимися в его записной книжке. Он пишет: Пусть каждый год делает меня лучшим, более полезным, менее эгоистичным и более преданным делу человечества и делу науки.



Рис. 34. Гёмфри Дэви (1778—1829).

Замечательно метки его суждения о почестях: почестями можно гордиться, но не следует из-за них возомнить о себе. Не стоит иметь почет, но неприятно не иметь его. Лучше заслуживать почет и не иметь его, нежели иметь и не заслуживать.

Благодаря своим талантам Дэви приобрел себе друзей, которые выхлопотали ему должность, более соответствовавшую его влечениям и способностям.

В это время, а именно, около 1798 года, в Бристоле было основано новое учреждение. Оно называлось Пневматическим институтом и поставило себе целью изучить лечебные свойства газов, незадолго перед тем открытых. Дэви, которому предложена была должность инспектора этого учреждения, охотно ее принял, так как она давала ему возможность заниматься опытами. Следует, однако, признать, что слишком

розовые надежды основателей пневматического учреждения далеко не оправдались. Из всех газов один лишь оказался истинным лечебным средством, а именно, натуральный чистый воздух.

Но Дэви даже в этой области удалось достигнуть благоприятных результатов. Не считаясь с опасностью для собственного здоровья, Дэви подвергал самого себя действию различных газов и один раз чуть было не отравился при вдыхании водяного газа; этот последний получается при действии раскаленного угля на водяные пары и содержит значительные количества окиси углерода. Дэви открыл закись азота, газ, отличающийся свойством вызывать приятные ощущения при вдыхании и благодаря этому свойству названный „веселящим газом“ Как известно, прежде этот газ применялся зубными врачами, но в последнее время он почти совершенно вышел из употребления в виду изобретения более радикальных средств для успокаивания боли.

Более важное значение имеют исследования электрического тока и его химических действий. Дэви сразу понял, что электричество представляет собою великую силу, которую можно применить для разложения сложных тел. Особенное внимание он уделил опытам разложения тех тел, которые до того времени не удалось еще разложить на элементы.

Первые опыты имели целью разложение воды. Было, правда, известно, что под влиянием электрического тока из воды выделяются кислород и водород. При этом, однако, предполагали, что таинственная сила электричества способна создавать из воды новые тела: щелочи и основания. Дэви неопровержимо доказал ошибочность этого предположения.

Поощренный весьма благоприятным результатом первых опытов, Дэви стал применять электрический ток для разложения тел, элементы которых не были еще известны. Это были щелочи и щелочные земли. Эти опыты тоже увенчались успехом. Если, например, находящийся в этом сосуде раствор едкого натра подвергнуть действию тока, то произойдет разложение. Это легко заметить по пузырькам газа, выделяющимся у конца платиновой проволоки, соединенной с положительным полюсом электрической батареи. Этот газ есть кислород. У другого электрода, которым служит слой ртути, соединенный посредством проволоки с отрицательным полюсом

батареи. газ не выделяется. Здесь ток осаждает металлический натрий, составную часть едкого натра. Это металл с удивительными свойствами: он разлагает воду при обыкновенной температуре и даже загорается от соприкосновения с водой; как вы сейчас видите, он растворяется во ртути, как сахар в воде.

Легко, однако, обнаружить его присутствие. Я выливаю ртуть, оставшуюся после электролиза, в разбавленную соляную кислоту. Мы замечаем выделение газа. Это водород, вытесняемый из кислоты растворенным во ртути натрием.

Таким образом, с помощью тока можно разложить едкий натр на кислород и натрий. Подобным путем Дэви получил также другой щелочный металл — калий, затем кальций, стронций и барий, — элементы, входящие в состав щелочных земель, — и, наконец, магний, элемент горькой земли (магнезии).

После этого Дэви принялся за исследование действия электрического тока на неразложенные до того времени окислы неметаллов, которые назывались тогда кислотами. С борной кислотой дело пошло легко, и Дэви получил новый элемент — бор. Но попытки разложения хлора, этого окисла таинственного элемента—мурия, не привели к желанному результату. Тщетно знаменитый химик, которому счастье до той поры никогда не изменяло, старался лишить это тело кислорода. После каждой попытки он получал обратно, как продукт реакции, неразложившийся хлор.

Этот отрицательный результат побудил нашего экспериментатора, — а вместе с ним и большинство химиков того времени, — отбросить гипотезу, что хлор есть окись мурия, и признать хлор неразложимым телом, т. е. элементом.

Это открытие было весьма важно, так как в данном случае впервые пришлось признать существование кислот, не содержащих кислорода, как соляная кислота, состоящая только из хлора и водорода. До тех пор кислород считался основным элементом всех кислот. Этому взгляду кислород обязан своим названием. Благодаря открытию кислот, не содержащих кислорода, этот последний начал терять свое господствующее положение, которое ему дал Лавуазье. Истинным кислототворным элементом Дэви признал водород. Позже оказалось, что этот исследователь не ошибся.

Работы и открытия Дэви усилили интерес широких слоев общества к естественным наукам, и благодаря этому к тому времени, т. е. в начале XIX века, был учрежден королевский Институт в Лондоне, предназначенный для общедоступных лекций по естественным наукам и для самостоятельных исследований ученых, преподававших в Институте. Устав Института был выработан графом Румфордом, и одним из первых профессоров химии в королевском Институте был Гемфри Дэви. „В настоящее время трудно себе представить то впечатление, которое Дэви произвел своими первыми лекциями. Они вызвали настоящий энтузиазм. Люди выдающихся талантов и высокого звания, литераторы и ученые, модные дамы и любительницы знаний, молодые и старые, — все стремились в аудиторию Дэви. Его молодость, простота обращения, врожденный дар слова, его познания, ясность изложения и блестящие опыты привлекали всеобщее внимание и стяжали ему чрезвычайные похвалы. Подарки и приглашения посыпались на него со всех сторон. Все искали его общества“ [1]).

Лекции Дэви в Королевском Институте привлекали множество слушателей, возбуждая в них интересе к науке и стремление к дальнейшему образованию. Но ни на кого эти лекции не действовали так сильно, как на одного невзрачного переплетчика — Михаила Фарадэя. Отец его, бедный кузнец в селе вблизи Лондона, умер рано, и на Михаила, как на старшего сына, выпала обязанность содержать семью. Он поступил в обучение к переплетчику и стал прилежно заниматься переплетной работой. При этом он имел странную привычку — прочитывать книги, которые ему приходилось переплетать. Первоначально он читал без разбору все, что попадало ему в руки. Вскоре, однако, он стал обращать особенное внимание на сочинения, относящиеся к физике и химии.

Однажды Фарадэй шел по улице и машинально читал расклеенные по углам улиц объявления. В одном из них говорилось, что на Dorset Street читаются вечерние популярные лекции по философии природы. Вход стоил шиллинг.

[1]) W. Ostwald. Psychographische Studien.

Фарадэй одолжил у брата эту сумму и начал посещать эти лекции; он внимательно слушал и прилежно записывал.

В числе этих лекций были четыре лекции Дэви по химии. Они оказали решающее влияние на будущность молодого переплетчика. Несколько дней спустя, Фарадэй отправил Дэви письмо, в котором выразил горячее желание посвятить себя научной деятельности.

„Я желаю — писал он — совершенно оставить ремесло и поступить на службу к науке, которая делает своих поборников настолько же добрыми и благородными, насколько ремесло—злыми и себялюбивыми“.

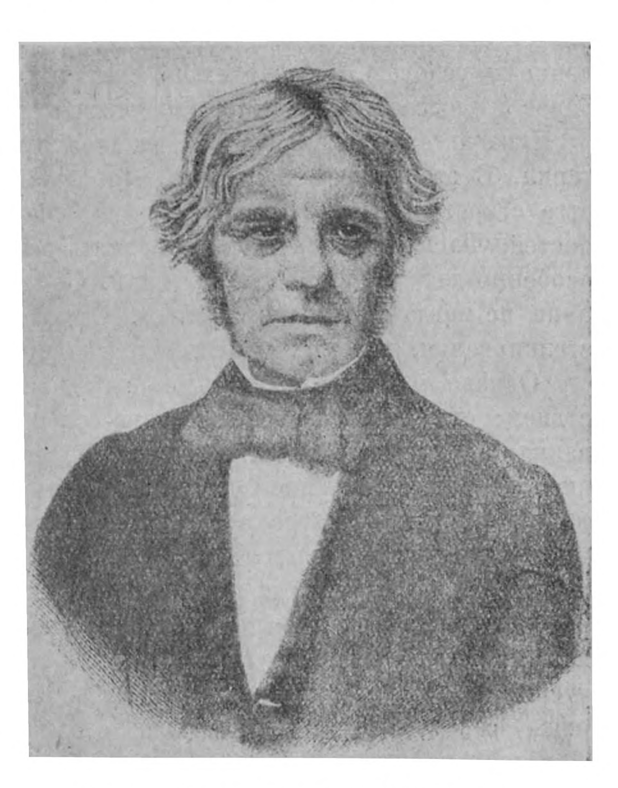


Рис. 35. Михаил Фарадэй (1791—1867).

К этому наивному письму были приложены записки, сделанные на лекциях Дэви и собственноручно переплетенные автором письма. Письмо заинтересовало Дэви, который внимательно прочел его. Отправляясь утром в свою лабораторию в Королевском Институте, он зашел к своему приятелю Пепи, которого он обыкновенно навещал в это время, и попросил у него совета.

— „Вот письмо одного юноши, который посещал мои лекции. Его имя — Фарадэй. Он просит дать ему занятие в Институте. Что мне с ним сделать?“

— „Что с ним сделать? вели ему полоскать бутыли! — ответил Пени. — Если он согласится, то из него что-нибудь выйдет; если же нет, то он ничего не стоит“

— „Нет, нет, — возразил Дэви, — следует испытать его на чем-нибудь лучшем“.

И действительно, он принял Фарадэя в лабораторию и назначил ему жалованье 25 шиллингов в неделю. Должность Фарадэя была нечто среднее между обязанностью служителя и ассистентством. Фарадэй должен был не только помогать профессору в научных работах и приготовлениях к лекционным опытам, но кроме того должен был, согласно заключенному условию, „еженедельно сметать пыль со всех приборов и моделей, а также мыть и чистить стеклянные сосуды

Вскоре Дэви отправился в далекое путешествие на материк. В этом путешествии его сопровождал Фарадэй в качестве секретаря. Но и теперь, кроме секретарских обязанностей, Фарадэй должен был исполнять различные поручения, особенно для надменной лэди Дэви. Гордая натура англичанина не могла с этим примириться. Отсюда возникали частые столкновения, которых Фарадэй долгое время не мог забыть.

Однако, Фарадэй не мог не быть доволен этим путешествием: ему недоставало систематического научного образования, а в путешествии он мог приобрести знания. Путешествие давало ему много случаев ознакомиться с новейшими направлениями в науке и завязать знакомство с выдающимися учеными континента. Дэви всегда имел при себе подручную лабораторию, при помощи которой он производил в дороге опыты по самым разнообразным вопросам, возникавшим в результате устного обмена мыслей с другими учеными. Таким образом, Дэви в бытность свою в Париже открыл иод и обнаружил его важнейшие свойства. Фарадэй не пропускал ни одного случая, который давал возможность чему-либо поучиться.

Путешествие продолжалось два года. После возвращения в Лондон Дэви не вернулся больше к научной работе. Его здоровье было сильно надорвано не только усердной работой, которой требовали его открытия, но также благодаря рассеянному, светскому образу жизни. Приглашения и визиты отнимали у него ту часть свободного времени, которую следовало бы посвятить отдыху.

По возвращении в Лондон, Дэви занялся проблемами практического характера. И тут его гений принес не малую пользу человечеству. К этому периоду относится изобретение известной лампочки, которая получила название предохранительной лампы Дэви. Она предохраняет рудокопов от взрыва горючих газов, образующихся, например, в угольных копях. Для того, чтобы эти газы не загорались от прикосновения с пламенем лампочки, пламя покрывается металлической сеткой. Когда газы проникают внутрь лампочки, то происходит легкий взрыв, и лампа тухнет; сетка охлаждает продукты горения настолько, что взрыв не передается наружу.

Однако, силы Дэви были уже окончательно истощены. Несколько лет спустя с ним случился удар, после которого он вынужден был снова отправиться за границу. Он умер в 1829 г., всего 51 года от роду.

Фарадэй, возвратившись в Лондон, впервые приступил к самостоятельным научным исследованиям. Он занялся изучением соединений воды с хлором, газом, который, как мы знаем, был подробно исследован Дэви. Деви первый доказал, что это тело есть элемент.

Однажды Фарадэй нагревал соединение воды с хлором, так называемый, гидрат хлора, в запаянной стеклянной трубке. При этом он заметил, что из соединения выделяется хлор, который, сгущаясь на холодных стенках трубки, образует желтые капли, похожие на масло. В эту минуту в лабораторию вошел доктор Парис, приятель Фарадэя. Увидев масляные капли на стенках трубки, он рассердился на Фарадэя, решив, что тот берет для работы грязные сосуды.

На следующее утро доктор Парис получил от своего приятеля лаконическое письмецо следующего содержания:

Милостивый Государь! Масло, которое Вы видели вчера, оказалось жидким хлором.

С почтением

М. Фарадэй.

Фарадэю удалось ожижить сначала хлор, а затем целый ряд других газов, и таким образом был проложен мост между двумя аггрегатными состояниями тел — газообразным и жидким.

Фарадэй перевел в жидкое состояние аммиак, углекислый газ, хлор, хлористый водород, этилен и многие другие газы. Но оставались все-таки некоторые газы, которые не сгущались ни под каким давлением. Эти газы получили название „постоянных" и долгое время оставались несжиженными. Только в 1882 г. Врублевский и Ольшевский получили „жидкий воздух". Сгущение самых „постоянных" газов, — водорода и гелия, — удалось лишь в наши дни.

Конечно, Фарадэй сделал свое открытие „случайно"! Это прекрасно иллюстрируется приведенным выше рассказом. Но преимущество гения в том именно и заключается, что он не проходит равнодушно мимо „случайных" наблюдений, а схватывает их общее значение и умеет вывести из них надлежащие заключения.

Эти первые научные шаги обнаружили необычайный экспериментаторский талант молодого ученого. Дэви был неприятно задет тем, что его ассистент самостоятельно совершил и опубликовал свои исследования; в душе Дэви зашевелилась зависть. Не мог он ее победить даже тогда, когда Фарадэя предложено было выбрать в члены Королевского Общества: когда все члены единогласно признали его достойным этой чести, сэр Дэви, председатель Общества, один голосовал против Фарадэя. Фарадэй же, напротив, всегда питал благодарность и уважение к своему учителю. Он остался до конца жизни верен тем идеальным взглядам, с которыми некогда поступил в лабораторию. Удивительную черту характера Фарадэя составляла его глубокая религиозность, которой он отличался с ранних лет до конца жизни. Но не менее замечательно и то, что он никогда не смешивал религиозных убеждений с научными истинами. Эти две области его души вели совершенно независимое существование; подобное совмещение веры с наукой мы встречаем и у другого гениального английского естествоиспытателя, — Ньютона. Поучительно отношение Фарадэя к спиритическим опытам, которые уже в то время, т.-е. в 50-ые годы минувшего столетия, занимали некоторую часть общества.

Фарадэй по обыкновению произвел несколько опытов, на основании которых он пришел к убеждению, что известное движение столиков вызывается бессознательными движениями участников. Этот результат Фарадэй опубликовал в газетах, чем навлек на себя не мало нападений фанатических приверженцев спиритизма.

В своем отношении к науке Фарадэй был непоколебимым идеалистом.

Сколько раз ему ни представлялась возможность увеличить свои скромные заработки посторонними занятиями, он, однако, отвергал всякие предложения, чтобы не сократить времени, предназначенного для научной работы. Он оставался профессором, а впоследствии директором Королевского Института,— того замечательного учреждения, которое в столь значительной степени способствовало распространению и углублению естественно-научных сведений в Англии. Его лекции, читанные в Институте, отличались необыкновенной ясностью. К сожалению, только одна серия сохранилась для потомства— „Естественная история свечи", сочинение, считающееся еще и теперь классическим образцом популяризации. Главную заслугу Фарадэя составляют глубокие исследования явлений электрического разложения тел—изыскания, начало которым положил Деви.

Дэви изучал эти явления, которые называются „электролизом" с качественной стороны. Фарадэй же ввел в эту область точные количественные методы и открыл с их помощью основные законы, составляющие фундамент современной электрохимии.

Он первый доказал, что одинаковые количества электричества разлагают всегда одинаковые количества вещества, независимо от условий опыта, что количество разложенного вещества прямо пропорционально количеству электричества, что, наконец, количества различных тел, разлагаемых действием, одинаковых количеств электричества, находятся в таком же отношении, как их химические эквиваленты, т.-е. числа, нормирующие взаимное химическое действие тел друг на друга. Фарадэю мы обязаны также введением в электрохимию понятия иона—так называется частица, переносящая электрический заряд в жидких про-

водниках с одного места на другое, это есть как бы носитель электрической энергии. Дальнейшее развитие этого понятия и применения его в самых разнообразных отраслях физики и химии, чрезвычайно важные по своим последствиям, составили новейшую фазу в истории химии; в настоящее время это понятие занимает центральное место в физической химии. Подробный разбор результатов, к которым привело изучение ионов, необходимо поэтому отложить до одной из следующих лекций.

Здесь мы скажем еще несколько слов о тех фундаментальных работах великого английского экспериментатора, которые относятся к области физики. В 30 исследования по электричеству он первый изучил подробно отношения между электрическими и магнитными явлениями. Фарадэю мы обязаны открытием фундаментальных законов электродинамики и введением в науку чрезвычайно важного понятия о силовых линиях. Поэтому Фарадэй может по праву считаться отцом современной электротехники, хотя его исследования носят исключительно теоретический характер.

Фарадэй женился 30-ти лет от роду на Саре Барнард, дочери представителя секты „сандеманцев", к которой принадлежал и сам Фарадэй. „Его супружеская жизнь — говорит биограф [1]) — была чрезвычайно счастлива, хотя детей у него не было. Жена Фарадэя была тем истинным товарищем, в котором нуждался гениальный ученый. Она любила его до конца жизни с преданностью, вошедшей даже в пословицу". Письма Фарадея к жене свидетельствуют о тех нежных отношениях, которые супруги сохраняли до конца жизни. „Никогда — так говорит он сам — не существовала любовь более чистая и постоянная. Подобно пылающему алтарю она сияла в продолжение 46 лет, распространяя чистую теплоту без малейшего дыма".

Фарадэй жил до конца своих дней в Королевском Институте в Лондоне, на Альбермарль-стрит, где до сих пор сохраняются его приборы. Умер он в 1867 г., 75-ти лет от роду.

[1]) S. Thomson. Michael Faraday's Leben und Wirken.

ИСТОЧНИКИ.

I. A. Paris. Humphry Davy. London, 1831.

John Davy. Denkwürdigkeiten aus dem Leben Sir Humphry Davy's Перев. Neubert. Leipzig, 1840. 4 B.

M. Faraday. Naturgeschichte einer Kerze. Berlin, 1881.

M. Faraday. Die verschiedenen Kräfte der Materie und ihre Beziehungen zu einander. Berlin, 1883.

J. Tyndal. Faraday und seine Entdeckungen. Braunschweig, 1870.

Silvanus Thompson. Michael Faraday's Leben und Wirken. Halle, 1906.

W. Ostwald. Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre. Leipzig, 1896.

W. Ostwald. Psychographische Studien. Ann. der Naturphilosophie, B. 6. (1908).

В. Оствальд. Великие люди. Сокращенный перев. (в печ.).

Jones Ben. The life and letters of Faraday. 2 V. London. 1870.

ЛЕКЦИЯ V

Два приятеля.

Ярмарка в Дармштадте. — Молодые годы Либиха. — Приключения в школе. — В обучении у аптекаря. — Студенческие годы. Дальнейшие неудачи. — Париж. — Опыты с взрывчатыми солями. — Разложение гремучей кислоты. — Циановая кислота Велера. — Берцелиус в качестве судьи. — Приглашение Либиха в Гиссен. — Оклад. — Переворот в обучении химии. — Его последствия. — Элементарный анализ. — Примирение с Велером. — Искусственное получение мочевины. — Конец „жизненной силы". — Чем занимается органическая химия? — Радикал. — Влияние Либиха в земледелии. — Дружба с Велером. — Переселение в Мюнхен.

Ярмарка в Дармштадте отличалась в 1812 году необыкновенным оживлением. Со всех сторон съехались купцы и торговцы, надеясь продать свои товары. Это было не легко в те времена, когда не было скорых и надежных путей сообщения, какими мы пользуемся в настоящее время.

Поэтому ярмарки были в то время не только желанным, но прямо единственным способом торговых сношений.

Среди многочисленных столиков на видном месте стоит человек, окруженный любопытной толпой зрителей. Он совершает настоящие чудеса. То он в одно мгновение склеивает разбитую чашку, то с помощью прозрачной жидкости вытравляет пятно из праздничного платья какого-то господина. Показывая странные фокусы, он объясняет и учит, и в то же время восхваляет различные товары, как-то: ваксу, воду для удаления пятен, фейерверки, элексир для зубов и различного рода эссенции.

Это—странствующий химик. Вот он показывает глазеющей толпе, как можно в одно мгновение приготовить взрывчатый горох из ртути, спирта и азотной кислоты. Все стоят в торжественном ожидании результата этих манипуляций.

В толпе можно заметить маленького мальчика, который с лукавой улыбкой следит за движениями странствующего химика, как-будто желая этим показать, что ему знакомы эти таинственные приемы волшебного искусства.

Действительно, он прекрасно знаком с подобными экспериментами, ибо девятилетний Юстус — сын владельца аптекарского магазина; старик Либих имеет за городом флигель, в котором сам приготовляет лаки, краски и прочие материалы. Здесь маленький Юстус может украдкой изучать тайны химического искусства. Здесь, вместо игры с ровесниками, он старается повторять опыты, описанные великими людьми в книгах по химии. Эти опыты интересуют его несравненно более, чем школьная наука. Ибо его голова всегда занята разнообразными мыслями о том, как простыми средствами отцовской лаборатории произвести все сложные опыты, описанные великими химиками. Где же в этой головке мог еще поместиться Цезарь или Гомер? Ему приходилось поэтому сидеть в классе на последней скамейке, и если он не был последним учеником, то этим он обязан исключительно своему другу Рейлингу, который еще меньше внимания обращал на науку и успешно соперничал с Юстусом из-за последнего места. Этот соперник нашего героя в неприязни к науке стал впоследствии известным композитором и директором придворного оркестра в Вене. А наш Юстус Либих?

Либих был с позором исключен из предпоследнего класса и, как неспособный к чему-либо лучшему, отдан в учение к аптекарю. Аптека находилась в Гоппенгейме. Но злая судьба преследовала его и тут. Не будучи в состоянии отказаться от своей страсти, Либих продолжал химические опыты в своей комнате на чердаке. Охотнее всего он делал опыты с взрывчатыми веществами, которые привлекали его внимание еще в детстве во время ярмарок.

Он занялся исследованием свойств гремучего серебра; но эти опыты были не совсем безопасны. Однажды ночью во время опытов произошел сильный взрыв, который взорвал на воздух часть крыши. Опасаясь наказания, виновник бежал под покровом ночной темноты и вновь вернулся в родительский дом.

Отец счел этот случай указанием, что не следует дольше сопротивляться столь ясно выразившимся стремлениям сына,

и послал его в Боннский университет. С тех пор Либих мог свободно заниматься любимой наукой. К сожалению, в университете его тоже ожидало разочарование: преподавание химии, как и вообще естественных наук, в те времена стояло в Германии на очень низком уровне. „В большинстве университетов, пишет Либих, не было тогда собственной кафедры химии; лекции по химии читались обыкновенно профессором медицины, который должен был преподавать химию, в связи с токсикологией, фармакогнозией, практической медициной и фармакологией. Поэтому он читал столько, сколько сам знал, а знал он немного“.

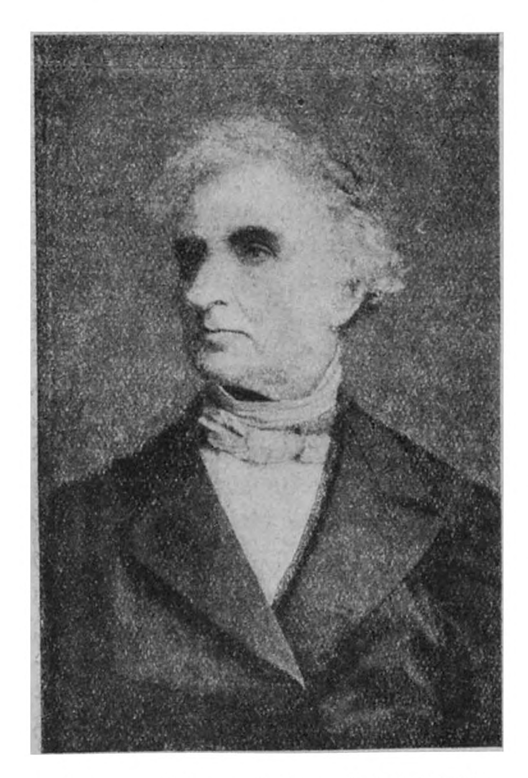


Рис. Юстус Либих. (1803—1873)

Недовольный таким положением дел, Либих переселился в Эрланген. Но и здесь ему не повезло.

В Эрлангене он вступил в студенческую корпорацию „Ренания“. Это была одна из тех корпораций, которые в те времена выступали публично в защиту свободы и потому вызывали неудовольствие правящих сфер. Правительства германских княжеств на основании постановлений, выработанных в Карлсбаде, строго их преследовали, как союзы демагогов и разрушителей.

Приятель Либиха, Карл Генрих Гофманн, в то время был привезен из Дармштадта в Берлин и здесь заключен в тюрьму за те самые стремления, которые впоследствии увенчались актом, скрепленным подписью его сына, гессенского министра и берлинского посланника, — за стремления

объединению Германии в союз государств с общим имперским парламентом из представителей народа.

Либих в Эрлангене тоже считался неблагонадежным, а после того как он принял участие в студенческой демонстрации, — шествии, окончившемся свалкой с обывателями Эрлангена, — он счел необходимым бежать в Дармштадт. Но и здесь настигла его карающая рука суда: Либих был заключен в городскую тюрьму. Отбыв наказание, он, однако, выхлопотал прощение великого князя и даже более того: по протекции министра Либиху была назначена стипендия на поездку в Париж для продолжения научного образования.

В то время в Германии господствовала спекулятивная натурфилософия, и химия вследствие этого стояла на весьма низком уровне; во Франции же химия к тому времени достигла полного расцвета. Учение Лавуазье вызывало все новые исследования, направленные к углублению и упрочению идей Лавуазье. Последователи Лавуазье, в особенности Тенар и Гэ-Люссак, обратились к изучению растительных и животных тел.

Либих отправился поэтому в Париж, надеясь найти там то, чего недоставало в Германии: ясное и трезвое понимание явлений природы, правильное и искусное применение химических методов, умение точно анализировать химически сложные тела.

Не довольствуясь знакомством с вопросами, ему уже известными, Либих вскоре занялся изучением новых проблем, самостоятельно им продуманных. Из всех тел его наиболее привлекали взрывчатые соединения, над которыми, как мы знаем, он работал с самых ранних лет: гремучая ртуть и гремучее серебро. Быть может, его привлекали опасности, с которыми сопряжена работа в этой области; как бы то ни было, он продолжал в Париже опыты с этими странными, столь опасными препаратами. Таким образом он открыл факт, что гремучая ртуть, гремучее серебро и целый ряд других подобных взрывчатых веществ представляют собой соли, т. е. соединения металлов с остатком одной общей кислоты. Либих назвал ее гремучей кислотой.

Пользуясь приобретенными во Франции сведениями, он подвергает анализу эту гремучую кислоту и находит, что

она состоит из четырех элементов: углерода, кислорода, водорода и азота, соединенных в следущем отношении:

24 части углерода,
32 части кислорода,
2 части водорода,
28 частей азота.

Анализ тел, содержащих подобно гремучей кислоте элемент углерод, считался в те времена чрезвычайно трудным делом. Нужно было сжечь исследуемое тело, старательно собрать продукты горения, углекислоту и воду, отделить их и взвесить. Гэ-Люссак мастерски производил такого рода анализы. Но его метод отличался чрезвычайной сложностью, требовал значительной работы и большого искусства. Либих преодолел эти затруднения, и в докладе, представленном Парижской Академии в 1823 г., предложил точную формулу гремучей кислоты.



Рис. 37. Фридрих Велер (1800—1882).

Каково же было его изумление, когда в том же году другой немецкий химик описал другое тело, которое состояло будто бы из тех элементов и в том же отношении: то была циановая кислота.

Кто же мог это сделать?

То был Фридрих Вёлер, родившийся в 1800 г. в Этерсгейме, вблизи Франкфурта на Майне. Подобно Либиху, он с детства занимался химическими опытами. Он сперва изучал в Марбурге медицину, но вскоре ее оставил и пере-

ехал в Гейдельберг, где посвятил себя изучению химии под руководством Леопольда Гмелина. Вёлер, подобно Либиху, не был доволен методом обучения химии в немецких университетах. Но в то время, как Либих отправился на юг, в Париж, — молодой доктор Велер поехал на север. Там в химии царил в то время неутомимый талант Берцелиуса из Стокгольма. Вёлер отправился к нему с целью усовершенствоваться в выбранной специальности. Здесь именно он произвел исследование циановой кислоты, соединения, состоявшего будто бы из тех же элементов, что и гремучая кислота Либиха, но совершенно отличавшегося от нее своими физическими свойствами и химическими действиями.

Либих считал, что Вёлер допустил ошибку в анализе своего соединения. Вёлер же, напротив, отрицал правильность наблюдений Либиха. Таким образом между обоими молодыми учеными возник спор, перешедший затем в ожесточенную полемику.



Рис. 38. Яков Берцелиус (1779—1848).

Споры возможны лишь в области идей и слов. В области же фактов чаще всего не бывает двух мнений: обыкновенно истина здесь скоро обнаруживается. Оба противника обратились к Берцелиусу, который в вопросах химии считался в то время высшим судьей. Берцелиус тщательно проверил результаты, полученные обоими исследователями, и пришел к заключению, что оба они правы. Пришлось примириться с фактом, считавшимся до той поры невероятным, —

что могут существовать тела, одинакового, химического состава, но различающиеся остальными свойствами. Берцелиус дал этому явлению название изомерии, а тела одинакового состава, но различных свойств, назвал изомерными.

После того, как был признан самый факт изомерии, вскоре обнаружилось, что она представляет собою не исключительное, но весьма частое явление. Изомерия оказалась зародышем, из которого впоследствии развилась новая отрасль химии.

Возвратимся, однако, к нашему герою. Диссертация Либиха о гремучей кислоте вызвала некоторую сенсацию. На том же заседании Академии, на котором Либих сделал сообщение о своей работе, присутствовал приятель Гэ Люссака, — Александр Гумбольдт. Он считался авторитетом в естествознании и, как таковой, был чрезвычайно уважаем в влиятельных сферах Германии. Гумбольдт заинтересовался своим земляком; благодаря ходатайству Гумбольдта, молодой ученый, которому тогда шел лишь 21 год, был назначен профессором химии в Гиссенском университете.

Этот титул звучал красиво, но менее привлекательна была материальная сторона этого положения. Годовое жалование составляло всего лишь 300 флоринов [1]). Все же приборы, необходимые для работы, Либиху приходилось испрашивать у старшего товарища Циммерманна, который был ординарным профессором, или же покупать на собственный счет. А денег у Либиха было немного. Между тем на молодом ученом уже лежали семейные обязанности, так как спустя 2 года после назначения он женился на Генриетте Мольденгауэр.

Несмотря на материальные заботы, несмотря на трудности, с которыми было сопряжено получение средств для дорого стоящих опытов, Либих вел свои работы с достойной удивления энергией и настойчивостью. Узнав на собственном горьком опыте, как плохо поставлено преподавание химии в университетах, Либих прежде всего обратил внимание на реорганизацию метода обучения соответственно

[1]) Флорин = 49 коп.

духу самой науки. Либих прекрасно понимал, что химия есть опытная наука, что она вытекает из опыта, что опыт должен составлять единственный неиссякаемый источник ее дальнейшего развития. Следовательно, химическую науку следует черпать не только из книг, не только из сухих лекций, которые тогда даже не оживлялись демонстрациями, но из лаборатории, путем наглядного ознакомления с химическими явлениями.

Поэтому первые его шаги были направлены к основанию химической лаборатории. Как раз в это время умер старший товарищ Либиха, ординарный профессор Циммерманн. Либих

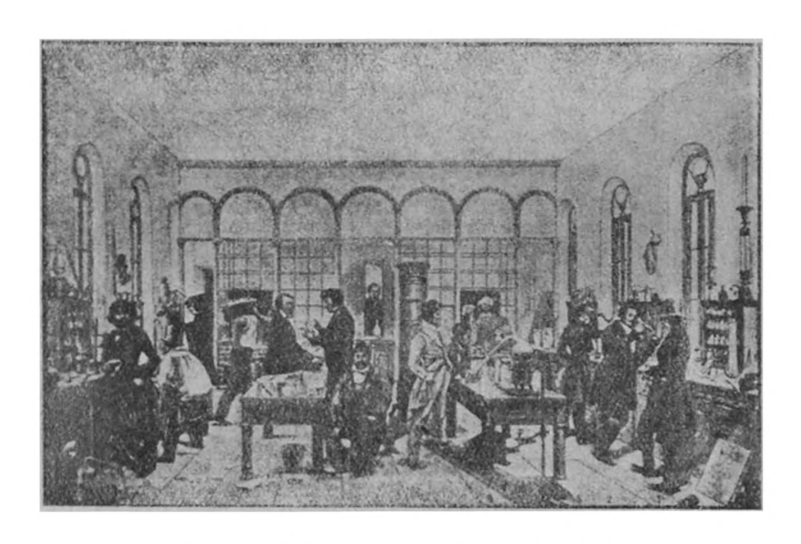


Рис. 59. Лаборатория Либиха в Гиссене.

унаследовал от него лабораторию, точнее говоря, часть старых казарм. В этом невзрачном здании народилась первая химическая лаборатория.

Картинка той кипучей деятельности, которой была полна гиссенская лаборатория, представлена на рисунке, сделанном одним из молодых химиков, которые в ней тогда работали.

Мы видим здесь мексиканца Ортогазу рядом с Виллем, который был тогда ассистентом Либиха, а впоследствии — профессором в Берлине; в полуоткрытых дверях стоит Штреккер, ставший позже профессором тюбингенского университета, далее Варрентрап, Шерер и, наконец, основатель хи-

мического общества в Берлине и профессор Берлинского университета А. В. Гофманн. На картинке видна также и неизбежная фигура лабораторного служителя: это — Аубель, известный служитель у Либиха—олицетворение флегматичности, растирающий что-то в ступке.

Здесь была колыбель нового метода преподавания химии. Лабораторная наука вскоре привилась в немецких университетах и отсюда распространилась по всему миру. Следует добавить, что еще и в настоящее время она основывается на тех же началах, которые ввел Либих.

Об этом, однако, приходится сожалеть, так как с того времени химия шагнула далеко вперед. Химический анализ,

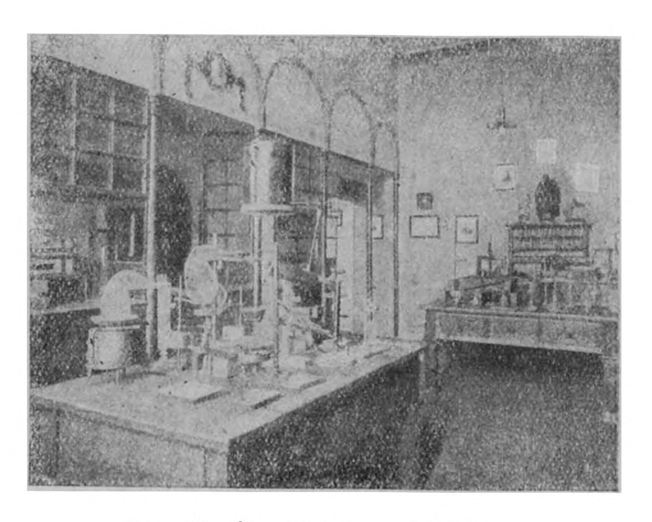


Рис. 40. Современная лаборатория.

который тогда представлял собою всю химическую науку, в настоящее время составляет лишь ее часть. Поэтому в Америке уже двадцать лет тому назад прежняя лабораторная наука была реформирована согласно требованиям времени. У нас же, в Европе, все остается попрежнему.

Во всяком случае нельзя отрицать, что Либиховская лаборатория ввела новое педагогическое начало в высшие учебные заведения, — принцип индуктивной науки, основанной на наблюдении и опытах самих учащихся. С той поры этот принцип, все более распространяясь, проник во все отрасли

естественных наук. Мало-по-малу стали возникать новые лаборатории не только для химии и физики, но и для зоологии, ботаники, минералогии, даже для опытной психологии и теоретической физики. Свежий приток воздуха, проникший во все области знания, способствовал их пышному расцвету.

Даже гуманитарные науки, как, например, философия, история, право, политическая экономия, постепенно проникаются тем же педагогическим началом: по примеру химии они усвоили метод практических занятий в, так называемых, семинариях.

В связи с этим во всех учебных заведениях отдельные науки стали все более обособляться, требуя для себя отдельных зданий, особых приспособлений. Под влиянием этого течения некоторые университеты разрослись в целые предместья. Достаточно сказать, что, например, в Лейпцигском университете ряд зданий, предназначенных для лабораторий, составляет обширный район, главная улица которого получила название улицы Либиха в честь того, кто впервые ввел в жизнь метод практического обучения. В настоящее время химические лаборатории производят впечатление дворцов. Достаточно присмотреться к обстановке химической лаборатории Ленинградского Политехнического Института. Достаточно взглянуть на Первый Химический институт Берлинского Университета. Сотни практикантов имеют там места для работы. Каждый имеет в своем распоряжении газ, воду, пар, безвоздушное пространство, наконец, свежий воздух. Как там светло, как свободно, как приятно! Какой незначительной, тесной и неудобной покажется в сравнении с этими дворцами химии маленькая лаборатория Либиха!

Однако, из этой невзрачной лаборатории вышли прекраснейшие работы. Там был заложен краеугольный камень нового здания; там возникла органическая химия.

Либих занимался в новой лаборатории прежде всего усовершенствованием методов химического анализа, т.-е. методов, ведущих к выяснению состава различных тел, к определению составляющих их элементов и их количественных отношений.

Тогда именно наступила очередь соединений, происходящих из растительного и животного мира. Было уже известно, что все эти тела, при всей своей многочисленности

и разнообразии, состоят почти всегда из одних и тех же четырех элементов: углерода, кислорода, водорода и азота. Различие между соединениями обусловливается не различным качественным составом, но почти исключительно различием количественного отношения элементов. Следовательно, для систематики этих соединений важно было иметь легкие способы разложения и простые методы количественного определения отдельных составных частей.

Что прежние методы нисколько не отвечали условиям легкости и простоты, об этом Либиху было известно из собственного опыта, со времени анализа гремучей кислоты. Поэтому он выработал собственный метод. Метод Либиха, который называется с тех пор элементарным анализом, сохранился в лабораториях по настоящее время почти без изменений.

Исследуемое вещество взвешивается в маленькой фарфоровой лодочке. Лодочка вместе с веществом вводится в стеклянную трубку из тугоплавкого стекла, наполненную окисью меди. Последняя получается, как я уже упомянул, путем сжигания медных опилок на воздухе.

Приготовленная таким образом трубка нагревается в особой газовой или электрической печи, и одновременно пропускают через нее постоянный медленный ток сухого воздуха или, еще лучше, чистого кислорода. Исследуемое тело сгорает совершенно, а несгоревшие остатки, которые могли бы улетучиться в высокой температуре печи, сгорают при соприкосновении с окисью меди, которой наполнена трубка. Выходное отверстие трубки соединено посредством резиновой трубки с двумя шарообразными приборами, которые называются приборами Либиха. Один из них содержит концентрированную серную кислоту, служащую для поглощения водяного пара, другой же — концентрированный раствор едкого кали для поглощения углекислоты. Таким образом, взвешивая оба прибора до и после горения, мы можем по разности весов определить количества продуктов горения, воды и углекислоты, и отсюда затем вычислить содержание углерода и водорода в исследуемом веществе.

Упрощенный Либихом элементарный анализ органических тел подвинул вперед исследования этого класса тел и сделал возможной их систематику. Либих сам гордился своим мето-

дом и формулировал его значение довольно обидными для химиков словами: „Теперь даже обезьяна может стать химиком“.

Но одновременно с тем изучение органических тел получило толчок с прямо противоположной стороны, — благодаря открытию методов синтеза, т.-е. искусственного получения этих соединений. Этим открытием химия обязана Вёлеру.

Мы оставили Вёлера в момент, когда он в пылу полемического увлечения ожесточенно нападал на Либиха, который упрекнул его в неправильности анализа циановой кислоты. Но это враждебное настроение продолжалось недолго. Вскоре обнаружилось, что оба исследователя правы, и с тех пор два противника стали искренними друзьями. Желая смягчить впечатление недавней полемики, Вёлер первый обратился к Либиху с предложением произвести совместную работу. Его желание вскоре осуществилось, при чем этот двойственный союз одарил химию не одной лишь работой, но целым рядом исследований, вполне заслуживающих названия классических. Вёлер работал в Берлине, где состоял преподавателем промышленного училища, Либих же — в Гиссене. Планы исследований и результаты опытов они сообщали друг другу письменно. Эта переписка, собранная и изданная после их смерти Гофманном в виде двух объемистых томов, представляет яркое свидетельство искренней дружбы, связывавшей обоих ученых в продолжение 45 лет: от момента их примирения вплоть до смерти Вёлера.

Уже первые опыты с циановой кислотой обратили внимание Вёлера на интересное химическое превращение. Если циановую кислоту смешать с аммиаком, то происходит, как и в случае всякой другой кислоты, нейтрализация, т.-е. кислота соединяется с основанием, и продуктом этого соединения является соль. В данном случае получается цианово-аммониевая соль, невзрачный порошок, который вы видите в бутылочке. Но этот порошок делается интересным, если растворить его в воде и полученный раствор нагревать. Тогда вода улетучится, а растворенное тело останется в сосуде. Но это будет уже не первоначальная циановоаммониевая соль, а совершенно отличное тело, продукт превращения взятой нами соли.

Это факт сам по себе весьма интересный; но несравненно более поразительно было то, что новое тело, продукт превращения циановоаммониевой соли, оказалось веществом, известным уже издавна, с 1773 г., когда оно впервые было найдено в моче и вследствие этого получило название мочевины. Эту мочевину Вёлер в 1828 г. впервые получил искусственным путем.

Чтобы надлежащим образом оценить всю важность упомянутого открытия, мысленно вернемся на мгновение к той эпохе, когда химия подразделялась на два больших отдела: на минеральную химию, к которой принадлежала всякая мертвая, неорганическая материя, и на растительную и животную химию, занимавшуюся изучением тел, встречающихся в живых, организованных существах.

Между этими двумя областями лежала пропасть. Идеи Парацельза и Ван Гельмонта бросали свои тени на начало XIX века. Правда, люди не верили уже в духов, которые влияют на питание, рост и размножение растительных и животных организмов, но верили еще в особую силу, которая носила название „жизненной силы“ По существу эта сила столь же таинственна, как „архей“ Ван Гельмонта.

Единственно она, эта „жизненная сила“, обладала способностью создавать органическую живую материю из тел неорганических, т.-е. мертвых.

Но вот Вёлер доказал, что явление превращения неорганического тела в органическое, а именно, соли циановой кислоты в мочевину, происходит не только в живом организме, но и в пробирке химика. Этим открытием был проложен мост через пропасть, разделявшую две области химии,

Только с тех пор начинается эра органической химии, как систематической науки. Прежде всего стало очевидно, что основанием подразделения тел должно служить не их минеральное, растительное или животное происхождение, но единственно лишь состав тел, род их элементов. Таким образом, „органическими“ стали считаться все тела, содержащие элемент углерод, независимо от их происхождения, а та часть химии, которая занимается изучением соединений углерода, получила название „органической химии“.

Чем же объясняется такое привилегированное положение углерода? Почему этому элементу отведена целая особая область, в то время как его товарищи вместе с их соединениями должны все довольствоваться оставшейся частью химии, ее неорганической частью?

Ответом на этот вопрос может служить указание на чрезвычайное разнообразие соединений углерода, на подавляющее богатство этой области химии. Упомяну здесь, что число соединений углерода с одним лишь водородом составляет сотни! Теоретически же это число совсем неограничено. К этому классу принадлежат столь различные соединения, как рудничный газ, от взрывов которого в рудниках ежегодно погибает много рудокопов, — ацетилен и маслородный газ, или этилен, главная составная часть светильного газа. К тому же классу относится и бензол, который применяется в производстве красящих веществ, скипидар, церезин, парафин и очень много других тел, известных своими практическими применениями. Все эти тела, столь различные по своему виду, представляют собою соединения одних и тех же двух элементов: углерода и водорода. Сколь же велико должно быть число соединений углерода с водородом и кислородом, с азотом, серой и т. д.!

Эта, именно, способность углерода образовать многочисленные соединения с другими элементами, способность давать соединения, обладающие не только качественно, но иногда и количественно совершенно одинаковым составом, — эта способность составляет исключительную особенность углерода. Она, именно, и понудила химиков выделить все соединения углерода в особый отдел „органической" химии.

Но то же самое обстоятельство, т.-е. чрезвычайное разнообразие соединений этого класса, затрудняет их классификацию. Для характеристики неорганического соединения вообще бывает достаточно указать его элементы и их количественное отношение, тогда как в органической химии эти данные оказываются недостаточными для однозначного определения исследуемого соединения. Здесь мы на каждом шагу встречаем тела, обладающие различными физическими и даже химическими свойствами, но, несмотря на это, не отличающиеся ни количественным, ни качественным составом. Таковы, например, циановая и гремучая кислоты,

открытые Либихом и Вёлером, и углеводороды, открытые Фарадэем: ацетилен и бензол.

Классификация органических соединений должна поэтому основываться на других свойствах. Научные труды Либиха и Вёлера создали первые основания, на которых была воздвигнута новая систематика. В одной из следующих лекций, которую я намерен посвятить изложению новейших успехов химического синтеза, мы подробно рассмотрим эту систему органической химии, которая в настоящее время повсюду признается обязательной. Теперь же мы ограничимся лишь ознакомлением с первыми скромными зачатками этой системы: с теорией радикалов.

Химикам давно было известно, что при некоторых химических превращениях в ряде соединений часть соединения остается без изменения: эту часть мы можем получить обратно после некоторого ряда химических операций.

Примером могут служить кислоты. Мы уже знаем, что из кислоты можно получить ее соль, что металл этой соли можно заместить другим металлом и что из этой новой соли мы можем обратно получить первоначальную кислоту. Во время этих превращений, соединение, как таковое, не подвергается полному распаду, но от него отделяется лишь один элемент — водород. Водород мы можем заместить металлом; металл, в свою очередь, может быть замещен другим металлом, и, наконец, этот последний мы при желании можем опять заместить водородом. Остальные элементы, входящие в состав кислоты, при всех этих превращениях остаются в постоянной связи между собою. Они только обменивают водород, с которым они соединены сравнительно слабее, на другой элемент, к которому имеют более сильное влечение.

Подобная группа элементов, связанных между собою сильнее, чем с другими элементами, называется **радикалом или остатком**.

С подобным радикалом мы познакомились уже в примере с циановой кислотой: это радикал циана, состоящий из углерода и азота и входящий в состав не только циановой кислоты, но и многих других соединений.

Либих, равно как и Вёлер, открыли и исследовали большое число разнообразных радикалов.

Прежде всего Либих задался целью найти неизменный остаток алкоголя, изучая различные превращения этого вещества. При этом он открыл хлороформ и хлораль, два очень важных наркотических средства, которые сыграли чрезвычайно большую роль в развитии новейшей медицины, в особенности хирургии.

Затем последовали классические совместные работы обоих ученых об основании масла горьких миндалей. Им удалось доказать, что это соединение содержит радикал „бензоил“, — тот самый радикал, который входит, как необходимая составная часть, во все соединения, так называемого, ароматического ряда.

Теория радикалов явилась тем лучом света, который проник в таинственный лабиринт органических соединений. Как только путь был найден, дальнейшая работа в этой области могла производиться уже с большей скоростью.

Но она уже не привлекала Либиха.

После тридцатилетней деятельности в Гиссене, Либих был приглашен в Мюнхен. Здесь он был совершенно свободен от преподавания в лаборатории, которая с течением времени успела ему надоесть, хотя некогда была им самим основана. В Мюнхене Либих только читал лекции. Его публичные вечерние лекции пользовались заслуженным успехом.

Но главное внимание Либих обратил теперь на вопросы практической важности, как, например, на реформу в области земледелия.

Уже в то время было известно, что все растения, а следовательно, и наши обыкновенные злаки, кроме углекислоты, заимствуемой из атмосферы, и кроме воды, поглощаемой из почвы, требуют для своего роста и развития некоторых минеральных частей земли, тех самых неорганических солей, которые после сгорания растения остаются в виде золы. Было также известно, что производительность земли с течением времени уменьшается вследствие постоянной убыли этих солей. Чтобы противодействовать этому истощению почвы, землю удобряли навозом. Либих первый объявил, что можно искусственно удобрять землю, прибавляя к ней те именно соли, которые поглощаются растениями, т.-е., главным образом, соли фосфорной кислоты, селитру

и **калиевые соли**. Земледельцы, которые обыкновенно отличаются консервативностью мышления, признали идею Либиха бессмысленной. Необходимо было убедить их фактами.

С этой целью Либих еще в Гиссене, купил у города песчаный холмик. Этот пригорок, на котором не могла развиваться ни одна былинка, Либих удобрил искусственным навозом — азотнокислым калием и фосфорнокислым калием. Спустя несколько лет, это пустынное песчаное место превратилось в цветущий сад.

Таким образом Либиху удалось ввести в земледелие искусственный навоз; этим он принес огромную пользу как земледелию, так и промышленности, которая с тех пор стала вырабатывать искусственные виды навоза в большом количестве.

Но это еще не все. Своими лекциями и популярными сочинениями Либих старался возбудить в широких слоях публики интерес к вопросам химии. Кроме того, он подарил человечеству не одно полезное изобретение.

Я упомянул уже об открытии хлороформа. Не меньшей известностью пользуется и Либиховский мясной экстракт, который употребляется, как суррогат бульона.

Дружба Либиха с Вёлером с течением времени все возрастала. В 1835 г. Вёлер был приглашен в Геттингенский университет. С тех пор друзья обыкновенно проводили вместе каникулы. Вёлер представлял полную противоположность Либиху: Либих отличался страстной, даже бурной натурой; Вёлер же был осторожным и наружно холодным человеком. Тем не менее они прекрасно ладили друг с другом.

„Часто летом, когда оба друга жили в горах над Тунским озером, случалось, что они целые часы просиживали рядом на веранде, не обмениваясь ни одним словом. Они хотели только быть вблизи друг друга, и в этом они находили наилучший отдых после университетской работы. То была истинная дружба: тихая и искренняя“ [1]).

[1]) A. W. v. Hofmann. Justus v. Liebig u. Friedrich Wöhler, zwei Gedächtnissreden. Leipzig, 1891.

В Мюнхене Либих остался на своей должности до конца жизни, т.-е. до 1873 г. По своему характеру он представлял собою тип немецкого профессора с его превосходными качествами, но также и с некоторыми странностями, которых не лишены даже великие умы. Как всем известно, великое от смешного отделяет лишь один шаг.

Я позволю себе в пояснение этой старой истины воспользоваться несколькими минутами, оставшимися в моем распоряжении, чтобы рассказать маленький, но довольно характерный анекдот, переданный племянником Либиха, известным профессором политической экономии Кнаппом.

„В доме Либиха был бал. Не выспавшись за ночь, Либих усталый входит в аудиторию. Когда он взошел на кафедру, в аудитории послышалась зевота. Ассистент, предчувствуя недоброе, скромно стоит у стола. На очереди был углерод.

— Алмаз представляет собою уголь в кристаллическом виде. Вот, господа, алмаз!

Алмаз должен был лежать в голубой коробке. Профессор открывает коробку, слегка приподымает вату — алмаза нет!

— Что же, господин доктор, — обращается он к ассистенту, — где алмаз?

Тот, к кому относился этот вопрос, пожал плечами и задрожал всем телом. Говорить в присутствии слушателей не полагалось. Слушатели предчувствовали скандал и от души жалели ассистента.

Профессор же с нетерпением опять спрашивает:

— Господин доктор, где же алмаз?

Мучительное молчание и вторичное пожатие плечами.

— Я требую от Вас, чтобы Вы мне показали алмаз!

Ассистент приближается к столу, осторожно ощупывает вату в коробке и — вынимает алмаз.

Профессор же, как ни в чем не бывало, продолжает:

— Итак, господа, алмаз представляет собою, как вы видите, кристаллический уголь.

В глубине комнаты ассистент прислонился к стене. Лицо его покраснело от пережитого волнения. Слушатели облегченно вздохнули“

ИСТОЧНИКИ.

E. v. Meyer. Aus J. Liebigs Lehr-und Wanderjahren. Leipzig, 1903.

J. Volhard. Justus v. Liebig. Sein Leben und Wirken. Liebigs Annalen, B. 328 (1903).

G. F. Knapp. Justus v. Liebig, nach dem Leben gezeichnet. Liebigs Annalen, B. 328 (1903).

A. Kohut. Justus v. Liebig. Sein Leben und Wirken. Giessen, 1904.

A. W. v. Hofmann. Justus v. Liebig. Friedrich Wöhler. Leipzig, 1893.

A. W. v. Hofmann. Liebigs und Wöhlers Briefwechsel. 2 B. Braunschweig, 1888.

G. W. A. Kahlbaum. Fr. Wöhlers Jugendbildnis in Briefen. Leipzig, 1900.

G. W. A. Kahlbaum. J. v. Liebig und Friedrich Mohr in ihren Briefen. Leipzig, 1904.

F. Wöhler. Jugenderinnerungen eines Chemikers. Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft, B. 8 (1875).

H. G. Söderbaum. Berzelius Werden und Wachsen. 1779 — 1821 Leipzig, 1899.

J. Volhard. Justus Liebig. Leipzig, 1909.

W. Ostwald. Grosse Männer. Leipzig, 1909.

ЛЕКЦИЯ VI.

Врач и пивовар.

Откуда происходит теплота горения. — Ответ флогистиков. — Пневматическая теория не была в состоянии ответить на этот вопрос. — Исчезновение и возникновение теплоты: a) при затвердевании и плавлении; b) при испарении и ожижении. — Теплота трения. — Опыты гр. Румфорда. — Работы Дэви. Опыт Тиндалля и вытекающие из него следствия. — Ниспровержение вещественной теории тепла. — Джауль и Майер. — Жизнь и научная деятельность Джауля. — Путешествие Майера в Индию. — Судьба первой работы Майера. — Борьба. — Философские труды. — Что такое энергия? — Виды ее. — Ее превращения. — Психическая энергия.

Те исследователи, жизнь и труды которых мы рассматривали до сих пор, были все без исключение химиками Лишь немногие из них соединяли знание химии со знанием физики. Это были Бойль, Фарадэй и некоторые другие, способствовавшие в одинаковой степени развитию обоих отраслей точной науки.

Сегодня мы познакомимся с двумя исследователями, деятельность которых относится исключительно к области физики, и которым мы обязаны открытием наиболее общего закона природы, — закона сохранения энергии.

Хотя работы этих двух исследователей не касаются непосредственно химии, однако, они оказали столь сильное влияние на дальнейшую историю нашей науки, что понимание последующих этапов ее развития оказывается невозможным без ознакомления с этими основными физическими исследованиями.

Чтобы оценить их значение для химии, необходимо еще раз на минуту обратиться назад, к эпохе господства флогистона. Припомним, что в те времена явление горения описывалось следующим образом:

При горении содержащийся в горючих телах флогистон превращается в теплоту и свет.

Лавуазье изменил этот взгляд:

Горение есть соединение горючих тел с кислородом; при этом процессе образуются новые тела, — окислы.

Откуда, однако, происходит теплота?

На этот вопрос созданная Лавуазье теория горения не дала ответа, — более того, она, кажется, не обратила внимания на этот вопрос.

Неужели теплота образуется из ничего? Неужели природа, которая отмерила нам количество вещества с такой точностью, что мы не можем ничего ни прибавить к нему, ни отнять, — неужели эта самая природа одарила нас способностью создавать и уничтожать теплоту, ту теплоту, которая составляет одно из драгоценнейших благ мира?

Долгое время как будто казалось, что так и есть в действительности.

Некоторые наблюдения, казалось, доказывали, что теплота нечто такое что мы можем по желанию создавать из ничего или уничтожать.

Вот стакан с водой, в которой плавают куски льда. воду погружен термометр. Термометр показывает нуль, т. е. ту температуру, при которой лед обыкновенно тает. Этот сосуд с водой и льдом уже довольно долго находится комнате, температура которой значительно выше нуля и равна, по меньшей мере 14°. Однако, термометр не повышается и все время стоит на нуле. Теперь я помещаю сосуд с водой над газовым пламенем, но и это не помогает; температура остается без изменения.

— Быть может, термометр испортился? — спросите вы.

Я вынимаю термометр из воды и прикасаюсь к нему рукою: ртуть сейчас же поднимается вверх. Следовательно, термометр в исправности.

Необходимо поэтому признать, что вода со льдом обладает свойством „уничтожать“ теплоту без малейшего повышения собственной температуры.

Вот колба с кипящей водой. Газовое пламя вызывает энергичное испарение воды. Однако, температура воды не повышается. Как бы мы ни нагревали воду, температура никогда не поднимается выше 100° Значит, и в этом

случае теплота, образующаяся вследствие горения газа, „исчезает“ бесследно.

Но это только кажется!

Действительно, теплоту, поглощенную кипящей водой, мы в состоянии получить обратно: стоит лишь посредством стеклянной трубки ввести водяной пар в другой сосуд с водой, и последняя скоро нагревается.

Вода нагревается не вследствие того, что водяной пар горяч. Действительно, если вместо пара ввести во второй сосуд с водой равное количество воды, нагретой до 100°, то нагревание будет ничтожное. В действительности же вода во втором сосуде нагревается той же теплотой, которую мы первоначально затратили на парообразование, на превращение воды в пар.

Знаменитый физико-химик XVIII века Блэк первый занялся подробным изучением этих явлений; в одном месте он говорит следующее:

„Теплота не исчезает ни при плавлении льда, ни при испарении воды, но переходит в другое, невидимое состояние; из этого невидимого состояния ее можно вновь превратить в обыкновенную теплоту, заставляя воду замерзнуть, или пар сгуститься в воду“.

Этот невидимый род теплоты Блек назвал „скрытой теплотой“.

Вскоре обнаружились новые факты, свидетельствовавшие о самостоятельном образовании теплоты. Они были открыты известным, графом Румфордом, вторым мужем несчастной г. Лавуазье.

Жизнь графа Румфорда была полна бурь и перемен. Одно время он состоял главным инспектором арсенала в Мюнхене. Наблюдая за сверлением пушек, он открыл весьма интересные явления.

Всякий раз, когда приводились в действие сверлильные машины, можно было заметить, что пушка нагревается. Нагревание было столь значительно, что теплота, образовавшаяся при сверлении, повысила до температуры кипения 19 фунтов воды, заключенной в ящике, окружавшем пушку.

— „Кипение такого большого количества воды без огня чрезвычайно поразило всех присутствовавших“ — добавляет Румфорд при описании этих опытов.

Гемфри Дэви подтвердил эти результаты, потирая в сильный мороз два куска льда о ин о другой. От действия теплоты, производимой трением, лед таял.

К сожалению, пушки принадлежат к весьма дорогим приборам, а хранение их в физическом кабинете может даже возбудить подозрения. По этой причине я не в состоянии повторить здесь опыт графа Румфорда в его первоначальном виде. Я покажу сейчас другой опыт, который описан в известном сочинении Тиндалля о теплоте и представляет видоизменение опыта Румфорда.

Эта маленькая латунная трубка заменит нам пушку. Эта трубка, закрытая снизу, прикреплена к кружку центро бежной машины. Вращая рукоятку машины, мы приводим

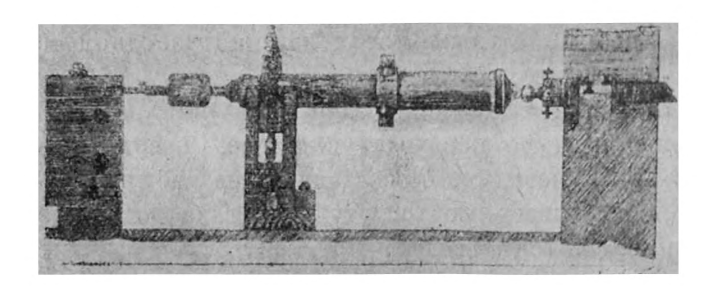


Рис. 41. Опыт графа Румфорда.

нашу маленькую пушку в весьма быстрое вращательное движение. Трение я вызываю с помощью щипцов, состоящих из двух кусков дубового дерева, соединенных между собою кожаной пластинкой. В д щечках вырезаны углубления, прилегающие к наружным стенкам латунной трубки. Сжимая эти щипцы, мы можем вызвать трение между деревом и медной трубкой, приведенной в быстрое вращение. Вместо примененной Румфордом воды, я наливаю в трубку обыкновенный эфир, который быстрее закипает. Я закупориваю пробкой отверстие трубки, чтобы не дать эфиру пролиться, и привожу трубку в быстрое вращение. В действие трения образуется теплота, эфир нагревается и сильно испаряется; так как пар не может выйти из закупоренной трубки, то должен произойти взрыв, и, действительно, пробка с силой подбрасывается к потолку.

Теперь этот опыт не представляется нам столь странным, каким он должен был показаться в прежнее время. Повседневный опыт учит нас, что от трения происходит теплота. Мы все знаем, что оси железнодорожных вагонов нагреваются от трения; зимою мы согреваем окоченелые руки, потирая одну о другую; мы зажигаем спичку, потирая головку о бумагу, содержащую фосфор и приклеенную к стенкам коробки. Дикие народы, незнакомые с этим изобретением, вызывают огонь трением двух кусков дерева.

Но довольно уже примеров! Утверждение, что теплоту можно произвести искусственно, а именно, ударом или трением, в настоящее время не вызывает никаких сомнений.

Более трудными для понимания эти явления казались ученым XIX века. Ибо тогда теплоту, так же, как электричество и магнитизм, — а в прежнее время и свет, — считали **веществом**, особым невесомым видом материи. Что касается материи, то исследования Лавуазье установили, что ее нельзя ни создать, ни уничтожить, что все ее превращения состоят лишь в изменении формы. Вот почему в то время трудно было понять те явления, в которых теплота, — называвшаяся тогда **теплородом** (calorique, Wärmestoff), — образуется как бы сама из себя, а не из какого-либо другого вида материи.

Это затруднение существовало долгое время. Не устранили его даже остроумные гипотезы Румфорда и Дэви. Только в 1842 г. оно было преодолено, благодаря одновременным трудам двух людей, не знавших друг о друге. То были — английский пивовар **Джэмс Прескотт Джауль** и немецкий врач **Юлий Роберт Майер**. Следует особенно отметить факт, что оба они не были физиками, ни вообще профессиональными учеными. Следовательно, открытием наиболее общего из всех известных доселе законов природы мы обязаны людям, занимавшимся наукой не по профессии; но, быть может, именно благодаря этому им было легче, чем профессиональным ученым, отречься от господствовавших предубеждений.

Дж. П. Джауль родился в 1818 г. в Сальфорде, близ Манчестера. Он был одним из тех ученых-любителей, которые нередко встречаются в Англии; помимо своих профессиональных занятий, они находят достаточно времени и

охоты для серьезной научной работы и часто достигают при этом существенных результатов. Отец Джемса был владельцем пивоваренного завода. Так как молодой Джемс был слаб от рождения, то его не посылали в училище, а обучали дома. На шестнадцатом году жизни Джэмса вместе с братом отправили в Манчестер, где он изучал естественные науки, главным образом, под руководством Дальтона. Здесь Джауль впервые познакомился с употреблением физических приборов. Девятнадцати лет от роду он опубликовал работу о магнетизме, в которой описал изобретенные им электромагнитные машины.

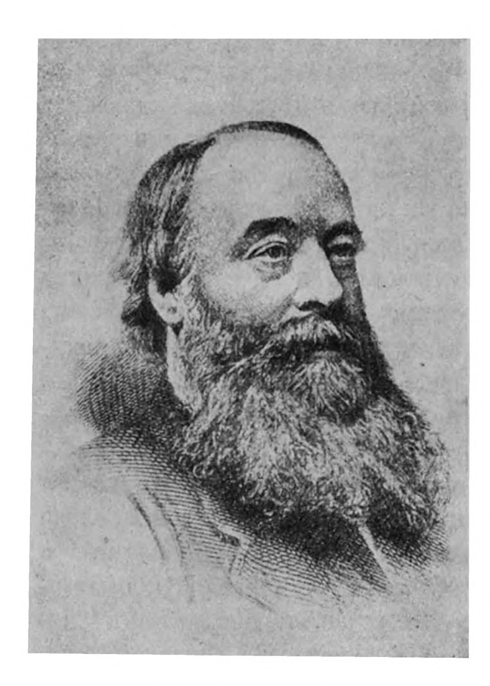


Рис. 42. Джэмс Прескотт Джауль (1818—1883).

Его практический ум вскоре обратился к подробному исследованию вопроса о превращении электрического тока в работу. При этих исследованиях он заметил, что всякий раз, когда электрический ток проходит по проводнику, например, по металлической проволоке, эта последняя нагревается. Теплота, порожденная током, находится в строго определенном отношении к силе тока.

Таким образом, Джауль, исходя из вопросов практического характера, пришел к общему принципу, гласящему, что между теплотой и работой должна существовать причинная зависимость.

— „Всякий раз, как исчезает работа, появляется теплота. Обратно: посредством надлежащих приспособлений можно теплоту превратить в работу, как, например, в котлах наших паровых машин“.

— „Однако, во всех этих случаях, независимо от характера превращения, образующаяся теплота и исчезающая

работа остаются в постоянном, неизменном отношении“

Число, выражающее это отношение, есть одна из важнейших постоянных природы и называется „механическим эквивалентом теплоты“.

Джауль определил это число следующим образом. Груз известного веса P опускался с определенной высоты H. Этот груз был прикреплен к веревке, перекинутой через блок. Другой конец веревки был навернут на вал, снабженный несколькими крыльями, погруженными в воду или в масло.

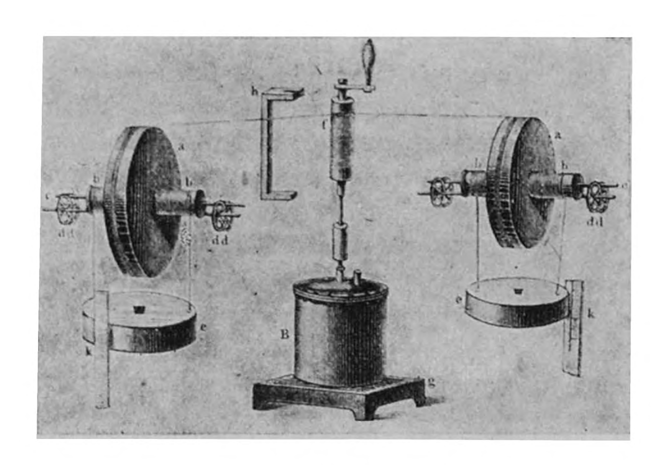


Рис 43. Опыты Джауля.

При опускании груза вал приходил во вращение. Когда груз поднимали надо было затратить определенное количество работы, тем большее, чем больше был груз и чем выше он поднимался. Если вес груза составляет P килограммов, а высота равна H метрам, то количество потраченной работы составляет

А   PH килограммометров.

При падении груза эта работа исчезала. Но при этом вследствие трения крыльев в воде, возникала теплота, и количество этой теплоты Q можно было точно определить с помощью термометра.

Отношение работы к теплоте

$$E \quad \frac{PH}{Q}$$

и составляет искомый „эквивалент теплоты“. Джауль определил это отношение и нашел, что оно составляет 424 килограммометра на одну калорию. Другими словами, когда затрачивается работа, например, когда вес 1 килограмма падает с высоты 424 метров, то одновременно с этим возникает единица теплоты — калория. Обратно, в случае превращения теплоты в работу, мы можем из единицы теплоты (калории) получить такое количество работы, которое даст нам возможность поднять 1 килограмм на высоту 424 метров или же 424 килограмма на высоту 1 метра.

Таким образом, наш английский пивовар путем обобщения отдельных явлений возвысился до познания наиболее общего закона природы. Громадное значение работ Джауля было оценено лишь впоследствии. Лишь тогда на него посыпались почести и награды. Он же оставался в тиши своего имения, где и умер на 74 году жизни, в 1889 г.

Совершенно другим путем шел немецкий врач Роберт Майер.

Судьба его столь трагична и столь поучительна, что вполне заслуживает более подробного изложения. С этой целью я воспользуюсь некоторыми данными из книги известного философа-слепца и ненавистника профессорского сословия — Евгения Дюринга, который в свое время принял горячее участие в деле Майера.

Юлий Роберт Майер был сын аптекаря. Он родился в маленьком вюртембергском городке Гейльбронне, в 1814 г. То был год расцвета реакции и реставрации. Майер первоначально обучался в гимназии, а затем в духовном учебном заведении в Шёнтале. Пребывание в этом училище было для Майера пыткой. Душе молодого Майера были противны занятия мертвыми языками — латинским и греческим. Трупам мертвых языков Майер предпочитал настоящие, человеческие трупы: в изучении медицины Майер надеялся найти удовлетворение своего влечения к исследованию природы.

В 1832 г. Майер отправился в Тюбинген, где записался на медицинский факультет; здесь он оставался студентом в продолжение восьми семестров.

Майер занимался наукой с большим увлечением, но принимал также деятельное участие в студенческой жизни и состоял даже председателем студенческого кружка. Как известно, всякие студенческие организации считались в те времена весьма опасными для государства и строго преследовались. Каковы были стремления Майера и его молодых товарищей, — об этом история умалчивает. Неизвестно, довольствовались ли они только ношением лент и шапочек и опоражниванием огромного количества бутылок с пивом, или же, быть может, стремления кружка возвышались над обычным уровнем. Во всяком случае, Майер не замышлял государственной измены. Так или иначе, но Майер был присужден к карцеру. Глубокое чувство несправедливости, — в этом отношении Майер был чрезвычайно чувствителен, — побудило его отказаться от пищи, пока власти не решили освободить его из заключения.



Рис. 44. Юлий Роберт Майер (1814—1878).

После этой истории университетский сенат „посоветовал“ Майеру оставить университет, проще говоря, исключил Майера

из университета. Майер продолжал изучение медицины в Мюнхене и Вене; вскоре он получил разрешение вернуться в Тюбпнген, где в 1838 г. кончил курс со степенью доктора медицины.

Около этого времени Майеру представился случай увидеть свет. Он принял должность врача на торговом корабле, который отправлялся на остров Яву. Достигнув цели путешествия, Майер занялся практикой среди туземцев. Как известно, в то время универсальный метод лечения всех болезней состоял в пускании крови. Совершая эту операцию, Майер сделал наблюдение, послужившее поводом к открытию закона сохранения энергии.

А именно, Майер заметил, что венозная кровь жителей Явы светлее крови европейцев. Чем можно было объяснить эту разницу? Майеру было известно из физиологии, что венозная кровь становится светлее в легких вследствие того, что при соприкосновении с воздухом она насыщается кислородом. Обратно, лишаясь кислорода, кровь темнеет. Что же происходит с содержащимся в крови кислородом?

Мы знаем, что ответ на этот вопрос дал уже Лавуазье. Кислород расходуется при горении органических веществ, вырабатываемых организмом, подобно тому, как расходуется воздух, входящий через решетку печи, при горении дров или угля.

Применяя эту теорию к жителям Явы, Майер рассуждал следующим образом. Кровь яванцев светлее и, следовательно, содержит больше кислорода, чем кровь европейцев. Это может происходить только от того, что процесс горения в организме туземцев совершается медленнее и менее энергично, чем у жителей умеренной полосы. Вследствие жаркого тропического климата организму туземцев не приходится производить такого количества теплоты, какое должны вырабатывать жители холодных стран, чтобы удержать температуру тела на постоянном уровне.

Вот ряд заключений, выведенных Майером из одного простого факта. Но Майер не остановился на этом. Вскоре ему пришлось убедиться, что теплота составляет лишь одно звено в цепи явлений, непрерывно происходящих в организме вследствие химического действия кислорода, поглощенного легкими, на пищу, получаемую организмом; действи-

тельно, кроме теплоты, организм производит и работу. Источником этой работы служит дыхание, в чем нас убеждает хотя бы следующий факт: лишь только количество этой работы увеличивается, например, когда мы подымаемся на гору или поднимаем тяжесть, или совершаем быстрое движение и т.д., наше дыхание становится более частым и энергичным, чем при нормальных условиях.

Таким образом, Майер в 1842 г. пришел к общему принципу, что кроме материи в природе существует еще и другая постоянная; это невесомое и невещественное нечто может являться в различных видах, как теплота, свет, движение, электричество и т. д однако, общее количество этого невесомого в природе столь же неизменно, как и общее количество материи.

Это „неизменное" нечто Майер назвал силой. Название было неудачно, так как это слово в физике обозначает другую величину, проявляющуюся в ускорении движения тел. Понятие, введенное в науку Майером, в настоящее время называется энергией. Этот термин был введен в науку Ранкином.

Неточность названия и, кроме того, общая неприязнь ко всякой философии, явившаяся реакцией против слишком долгого господства спекулятивной натурфилософии в точных науках, были причиной того, что идеи Майера были встречены более, чем холодно.

В 1842 г. Майер написал небольшое рассуждение под названием „Количественное и качественное определение сил". Он обратился с своей статьей к Поггендорфу, издателю известных Анналов физики и химии, но тот отказался напечатать статью Майера, как слишком метафизическую. И действительно, относясь критически к этому первому труду Майера, нельзя не признать, что Поггендорф был прав. Ибо Майер, который не был физиком по специальности, смешивает в своей работе такие разнородные понятия, как „величина движения" и живая сила, „сила" и „работа"

Не теряя интереса к основной идее, Майер занялся — при помощи некоторых друзей — пополнением своих научных знаний и приведением своих взглядов в точное согласие с требованиями науки. Плодом этой переработки явилась маленькая статья под заглавием: „О силах мертвой

природы“, напечатанная в 1842 г. в Анналах химии и фармации, издававшихся Либихом. Лишь весьма немногие оценили важное значение этой работы. Официальный научный мир совершенно ее игнорировал.

Однако, эта маленькая статья, всего в 7 страниц, содержит все открытие Майера. Между прочим автор дает здесь гениальное вычисление механического эквивалента теплоты. основанное не на непосредственных измерениях величины,— ибо Майер не был физиком, — а на чрезвычайно остроумном рассуждении.

Вообразим цилиндр, закрытый крышкой, плотно прилегающей к стенкам; крышка может перемещаться внутри цилиндра с весьма незначительным трением. Такая крышка, как известно, называется поршнем. Цилиндр наполнен воздухом; вес же поршня равен как раз давлению атмосферы, т.-е. составляет немного более одного килограмма на каждый квадратный сантиметр. Предположим, что, давая цилиндру теплоту извне, мы нагреем его вместе с воздухом на 1° Ц.

Из повседневного опыта всем известно, что все тела при нагревании расширяются. Воздух в этом отношении не составляет исключения. Так как поршень может свободно перемещаться, то он поднимется вверх. Но этот поршень обладает известным весом, а именно, весом 1 килограмма, и вследствие расширения воздуха этот килограмм должен подняться вверх.

Отсюда ясно, что, нагревая цилиндр с воздухом, мы можем поднимать тяжести или совершать действие, называемое в механике **работой**.

Следовательно, если нам удастся определить количество тепла, затрачиваемое при подымании поршня, и если мы вычислим совершаемую при этом работу, то легко можно будет определить отношение

$$E = \frac{\text{работа}}{\text{теплота}},$$

т.-е. механический эквивалент теплоты.

Числа, необходимые для этого вычисления, были тогда уже известны. Майер произвел вычисление и нашел, что **E** равно 365 килограммометрам.

Это число значительно отличается от числа, полученного Джаулем путем непосредственных измерений, о которых я

говорил выше. Это объясняется неточностью данных для удельной теплоты воздуха.

Судьба обоих открытий была одинакова. Простые опыты Джауля не вызвали сомнений; оспаривалось лишь их всеобщее, космическое значение. Работы же Майера рассматривались, правда, с космической точки зрения, но им не доверяли, как слишком „философским“

Итак, Майеру предстояла тяжелая и продолжительная борьба. Ему не только пришлось бороться с внешним врагом, т.-е. с умственной косностью ученого класса, но и в своем собственном доме он встретил самое серьезное сопротивление. Одновременно с изданием своего первого сочинения Майер женился. Докторша была, — как рассказывают, женщина весьма энергичная, обладавшая мужским характером. Как бы там ни было, и она принадлежала к многочисленному кругу тех лиц, которые не были в состоянии понять идей Майера. К внешней борьбе присоединились таким образом неурядицы в собственной семье, обострявшиеся с каждым годом. Нервная система Майера ослабела от этих постоянных столкновений, и в 1849 г. с ним случился сильный нервный припадок.

В исступлении он выскочил на двор из окна своей спальни, расположенной во втором этаже. Благодаря счастливой случайности Майер избежал смерти, но искалечил себе обе ноги, а одну из них ему пришлось тянуть до конца жизни.

Здоровье Майера было сильно расшатано и требовало серьезного лечения. К сожалению, ни семья, ни врачи, пользовавшие больного, не были в состоянии понять истинную причину болезни. Полагали, что он страдает манией величия! Эта мания состояла будто бы в болезненных фантазиях о каких-то важных научных открытиях. Майера поместили в дом для умалишенных. Автор одного из величайших открытий XIX столетия подвергался лечению наравне с помешанными; приемы лечения в то время были весьма энергичные: холодные души, горячечная рубашка и т. п.

Само собой понятно, что эти средства не достигли желаемой цели. Майер не хотел отказаться от своего убеждения в действительности открытого им закона „сохранения силы“ Он все более худел и чувствовал себя все хуже. Поэтому решено было вернуть ему свободу.

Между тем опубликованная Майером теория стала проникать в научный мир; в то же время стали известны опыты Джауля. Знаменитый физиолог и физик **Гельмгольтц** в 1847 г. точным образом формулировал закон „сохранения силы“, придал ему математическую форму и на целом ряде примеров показал, как этот закон применяется к самым разнообразным отраслям физики. Благодаря этому Майер еще при жизни получил нравственное удовлетворение. На него со всех сторон посыпались почетные отличия и титулы; Вюртембергское правительство наградило его дворянским званием. Майер продолжал работать над развитием своих идей. Он дожил до 64 лет и умер в 1878 г.

Гениальные рассуждения немецкого врача и блестящие опыты английского пивовара положили основание чрезвычайно важному принципу, который дал возможность объединить все отрасли физики вместе с химией в одно здание. Остается лишь дать название этому общему принципу Необходимо создать общее имя тому, что может проявляться в виде теплоты и в виде работы, не обнаруживая, однако, исключительно признаков той или другой категории явлений. Это название нам не вполне чуждо. Я неоднократно его сегодня упоминал Это — **энергия**.

После этого общего описания вы, вероятно, потребуете (и вполне справедливо), чтобы я вам дал, наконец, краткое **определение** этого понятия, чтобы я в немногих словах сказал, что же именно называется энергией.

Но здесь я должен сознаться в полной несостоятельности. На ваш вопрос я не в состоянии ответить. Я не могу определить, что такое энергия, так как, согласно известным правилам логики, определение какого-либо понятия состоит в указании более общего понятия и прибавлении частных признаков определяемого понятия. Но, к сожалению, у нас нет понятия более общего, чем понятие энергии. По крайней мере, в области точных наук.

Мы знаем только частные признаки этого понятия, а наиболее важным из них является тот, которым мы обязаны исследованиям Джауля и Майера: **энергия не изменяется** при всяких превращениях, при каких бы то ни было явлениях. Никто не в состоянии создать энергию или уничтожить ее.

Поэтому мы должны ограничиться указанием тех частных форм, в которых энергия может проявляться, описанием тех видов явлений, в которых мы находим превращения различных видов энергии. Такого рода классификация, введенная еще Майером, впоследствии была усовершенствована Гельмом, Оствальдом и другими. Познакомившись с этой классификацией, мы убедимся, что она, действительно, обнимает все области физики и химии и даже позволяет нам надеяться, что с течением времени, быть может, удастся подвести сюда и психическую жизнь, мир наших внутренних переживаний.

Чтобы познакомиться с разнообразием многочисленных видов энергии, необходимо прежде всего поставить вопрос, какими явлениями сопровождается затрата работы, и какие явления происходят при получении работы. Ибо если, как говорит Майер, энергия не может быть ни уничтожена, ни создана, то всякий раз, как работа исчезает, появляется иной вид энергии, и обратно, — получение работы должно сопровождаться затратой какой-либо другой энергии.

Первым видом энергии, превращаемой в работу, является т. н. кинетическая энергия, или энергия движения. Известно, что движение воды рек и ручьев производит работу на водяных мельницах; движение воздуха превращается в работу на ветряных мельницах. Кому незнакомы разрушительные последствия, которые может вызвать пуля, пущенная из ружья, или ядро из пушки? Одним словом, движение может быть источником работы (полезной или вредной).

Бросая ядро вверх, мы замечаем, что скорость его движения уменьшается по мере того, как высота возрастает. Следовательно, энергия движения уменьшается по мере увеличения расстояния от поверхности земли. Но одновременно в ядре накопляется другой вид энергии, называемый энергией положения. Энергия положения возрастает тем больше, чем выше ядро поднимается. Если ядро падает с достигнутого уровня, то энергия положения уменьшается и может быть превращена в работу, например, посредством машины, приводимой в движение тяжестью падающего груза.

Источником работы может быть не только груз, поднятый на высоту. Свернутая пружина, сжатый воздух или

растянутый резиновый шнур также могут совершать работу. Но, очевидно, в этом случае мы имеем дело не с энергией положения, но с новым видом энергии. Назовем его энергией формы. Основное свойство этой энергии состоит в том, что всякое „деформированное“ тело стремится принять первоначальную форму.

Что работа превращается в теплоту, а теплота в работу, — это мы сегодня видели на многочисленных примерах. Следовательно, теплота тоже представляет особого рода энергию, — тепловую энергию.

Свет мы также должны признать известным родом энергии. Ибо свет, падающий на предмет, нагревает его; обратно, сильным нагреванием можно некоторые тела довести до свечения. Примером может служить накаленная подкова или уголь. Назовем свет лучистой энергией.

Наконец, следует указать, что в последние десятилетия в промышленности начали применять новый вид энергии, в качестве источника работы, теплоты и света. — Это электрическая энергия, которая, правда, недоступна непосредственно человеческим чувствам, но хорошо знакома нам по своим повседневным применениям. В электрическом трамвае эта энергия превращается в движение. Фабричные двигатели превращают ее в работу. Электрические лампы — маленькие калильные или большие дуговые — дают на счет этой энергии свет. Кроме того, в домашний обиход уже начинают входить маленькие электрические печи, в которых теплота получается не путем горения газа, но за счет электрической энергии. В этих печах, которые обходятся, правда, довольно дорого, электрическая энергия превращается прямо в теплоту.

Откуда же происходит эта электрическая энергия, которую при помощи проволок можно передавать на значительные расстояния? Если мы отправимся на центральную станцию, громадную трубу которой мы видим из окон нашего здания, то мы увидим там большие катушки из свернутых проволок, приводимые в вращательное движение паровыми машинами. Вследствие движения в этих катушках возникают магнитные силы. От превращения этой магнитной энергии образуются электрические токи, которые по проволокам передаются на расстояние.

Теперь мы уже в состоянии ответить на вопрос, завещанный потомству гениальным Лавуазье. Откуда происходит теплота горения, из чего вообще образуется теплота, выделяемая обыкновенно при химических явлениях? Эта теплота должна иметь своим источником некоторую энергию, какой-то невидимый род энергии. Всякое горючее тело должно обладать определенным количеством этой энергии, но обладает ею лишь до тех пор, пока не соединится с кислородом. При процессе соединения эта энергия превращается в теплоту. Этот особый вид энергии мы назовем химической энергией, ибо при химических явлениях она превращается в другие видимые формы энергии: в движение, теплоту, свет, электричество.

Итак, мы можем утверждать, что все явления, — физические, равно как и химические, в мертвой, равно как и в живой природе, — представляют лишь превращения энергии, переход энергии из одного вида в другой или изменение ее напряжения. Все, что мы знаем об окружающем нас мире, мы ощущаем лишь вследствие разностей между напряжением энергии окружающего нас мира и напряжением энергии нашего собственного организма.

Как же обстоит дело в другом мире явлений, в области психических явлений, из которых складывается наше сознание? Сознаюсь, что на этот вопрос я не могу дать ответа.

Припомним еще раз приведенный Майером пример превращения энергии в человеке. Поднимаясь на гору, человек совершает работу. Эта работа делается за счет химической энергии, заключенной в веществах человеческого организма, с одной стороны, и за счет химической энергии кислорода воздуха — с другой. Одним словом, работа совершается за счет энергии, выделяемой при явлениях медленного сгорания нашего организма.

Что же происходит, когда тот же человек вместо механической работы совершает психическую работу, например, когда он поглощен в глубокое размышление, или когда он испытывает сильные ощущения—радость или горе, или страх? Совершаются ли психические явления за счет той же энергии горения или последней хватает лишь на покрытие материальных убытков, причиненных тратой веществ мозга и нервов?

Я лично склоняюсь в сторону первого предположения, позволяющего нам охватить одной системой — энергетической — мир физический и мир психический. Я предполагаю, что и явления, которые мы относим к душевной жизни, суть только проявления особого вида энергии—психической энергии.

Однако, я только естествоиспытатель, а не философ. Поэтому я сегодня расстаюсь с вами, оставляя вопрос открытым. Это будет для нас доказательством,-что книга энергетики в настоящее время еще не закрыта, что в учении об энергии существуют еще неразрешенные вопросы, ожидающие точных теоретических и опытных исследований.

Различные виды энергии.

Механическая энергия: { энергия положения, энергия движения, энергия формы.

Тепловая энергия.
Лучистая энергия.
Электрическая энергия.
Магнитвая энергия.
Химическая энергия.
Духовная энергия.

ИСТОЧНИКИ.

J. R. Mayer. Bemerkungen über Kräfte der unbelebten Natur; Lieb. Ann. B. 42 (1842).
J. R. Mayer. Wissenschaftliche Abhandlungen. Stuttgart, 1889.
H. Helmholtz. Über die Erhaltung der Kraft. Ostwalds Klassiker. Leipzig, 1889.
H. Helmholz. Vorträge und Reden. B. 1. Braunschweig, 1884.
J. P. Joule. Obituary notice. Journ. Chem.Soc. London. B. 57. 1890.
E. Dühring. Robert Mayer, der Galilei des XIX Jahrhunderts. Leipzig, 1904
J. Tyndall. Die Wärme, betrachtet als eine Art der Bewegung. Braunschweig, 1871.
E. Mach. Principien der Wärmelehre. Leipzig, 1896.
E. Mach. Populärwissenschaftliche Vorlesungen. Leipzig, 1896.
W. Ostwald. Elektrochemie. Leipzig, 1896.
W. Ostwald. Die Energie und ihre Wandlungen. Leipzig, 1888.
W. Ostwald. Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Leipzig. 1895.
W. Ostwald. Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig, 1902.
W. Ostwald. Die Energie. Leipzig, 1908.
Ernst Jentsch. Julius Robert Mayer. Seine Krankheitsgeschichte und die Geschichte seiner Entdeckung, 1914.

ЛЕКЦИЯ VII.

Мир атомов.

Три ступени в истории развития наук. — Период наблюдений. Описательная наука. — Рациональная наука. — Как открываются законы природы? — Примеры из истории химии. — Анализ в науке. Способ изложения законов природы. — Что такое законы природы? — Принцип экономии в науках. — Законы и гипотезы. Основной вопрос атомистической гипотезы. — Однородные и неоднородные тела. Смеющийся философ. — Что такое атом? — Неделимы ли атомы? — Сущность атомов. — Атомы и модели. — Расширение. — Растворение. — Химические соединения. — Атомы и молекулы. — Физика и химия. — Дальнейшие заключения. Веньямин Рихтер. — Людовик Проут. — Джон Дальтон. — Атомные веса. Абсолютная величина молекул.

Изучая историю химии, мы до сих пор познакомились с тремя ступенями ее развития. На первой ступени эта наука довольствуется собиранием фактов: ее представители делают наблюдения и записывают результаты. Это — период **наблюдения**. В этой стадии находилась химия у древних народов; на той же ступени развития осталась алхимия и ятрохимия.

Введение понятия флогистона в нашу науку подвинуло ее на одну ступень выше. Химия вступила в период **систематики**. Здесь мы, впервые, встречаем удачные попытки систематизации накопленных сведений. В этот период химики старались создать систему химических тел, основанную на их происхождении. Новая теория горения, созданная Лавуазье, ставила себе целью, главным образом, усовершенствовать химическую систематику, т. е. деление на классы всех тел, получаемых из минерального, растительного и животного мира.

Но вместе с тем в химии произошел серьезный переворот, и эта наука вступила на третью ступень развития: из

описательной науки химия превратилась в рациональную. Чем был вызван такой переворот? Он совершился, благодаря открытию общих законов природы, на основании которых можно было установить взаимную зависимость между явлениями.

До сих пор мы познакомились с двумя самыми общими законами, управляющими совокупностью явлений во вселенной. Это—закон сохранения „вещества“ и закон сохранения „энергии“ В предыдущих лекциях мы познакомились с теми путями, которые привели к открытию обоих законов. Мы рассмотрели разнообразные следствия, вытекающие из этих законов. Исходя отсюда, мы наметили в общих чертах мировоззрение, позволяющее объединить в одно гармоническое целое все физические и химические явления.

Уместно поэтому рассмотреть теперь основной вопрос: что такое законы природы? Как их открывают? Какую пользу приносят они науке?

Творческая научная работа, без сомнения, чрезвычайно разнообразна, столь же разнообразна, как и научные вопросы. Разнообразны также пути, ведущие к разрешению этих вопросов, как и умы, посвящающие себя этой задаче. В виду этого не может быть и речи о каком-нибудь общем рецепте, о каком-либо универсальном способе, при помощи которого можно было бы делать открытия. Однако, можно указать некоторые общие признаки, характеризующие работу изобретателя, которая — скажем мимоходом — имеет много общего с творческой работой художника.

Нелегкую задачу пришлось решить химии в конце XVIII века. Требовалось расчленить химическое явление, разложить его на такие составные части, которые можно измерять порознь. Благодаря расцвету механики, масса оказалась фактором, который удовлетворял этому требованию. Исследователи измеряли массы и веса химических элементов, измеряли веса их соединений, сравнивали первые со вторыми, а также сумму весов элементов с весом получаемого соединения. Таким образом был раскрыт закон сохранения массы, а также некоторые другие основные законы, определяющие количественное отношение двух элементов, вступающих в соединение. С этими законами, не менее важными для науки, чем закон сохранения массы, мы вскоре познакомимся ближе.

Больше чем через полвека наука сделала следующий шаг по пути анализа химических явлений. Другою важною стороною химических явлений, подлежащей измерению наравне с массой, была признана **энергия**. Химическая энергия заключается в каждом химическом элементе и в каждом соединении. При соединении между собою двух тел или при самопроизвольном разложении непрочных соединений на составные части, или, наконец, при двойном замещении двух тел, — при всех этих химических явлениях химическая энергия обнаруживается обыкновенно в виде теплоты и может быть точно вычислена по повышению (реже понижению) окружающей температуры. Измерения этой энергии показали, что она, подобно массе, подчиняется закону неизменяемости.

Прошло еще полвека, и на сцену выступила новая сторона химических явлений: исследователи начали измерять **продолжительность** химических реакций. В одной из наших бесед нам придется подробнее изучить значение этого фактора. Теперь же мы удовлетворимся замечанием, что и в этом случае точные количественные опыты позволили открыть новые и важные законы природы, которые в свою очередь пролили новый свет на общий характер химических явлений.

Для нас важно установить, что всякое научное исследование состоит прежде всего в **расчленении** исследуемых явлений на их составные части или отдельные факторы, совместное действие которых вызывает данное явление. Эти отдельные факторы подлежат **измерению** посредством соответственных приборов. **Меняя произвольно величину каждого из этих факторов в отдельности, мы можем изучить его влияние на явление в целом.**

Таким образом часто оказывается возможным установить точную зависимость между отдельными факторами. Эта зависимость обыкновенно выражается точным образом посредством уравнений.

Мы встречали уже несколько примеров таких уравнений.

— Масса соединения равна сумме масс элементов, — гласит закон, открытый Лавуазье (закон сохранения материи).

— Теплота прямо пропорциональна затраченной работе — гласит закон Джауля и Майера (закон сохранения энергии).

Из сказанного очевидно, что законы природы не являются предписаниями, навязанными природе извне, как многие полагают.

Природа не знает законов. В бесконечном разнообразии времени и пространства, в беспрерывном течении явлений, не имеющих ни начала, ни конца, природа навязывает нам все новые наблюдения,—бесконечно длинный ряд отдельных фактов и случаев, никогда не повторяющихся. По отношению к этой пестрой игре явлений исследователь является как бы библиотекарем, задача которого — привести факты в порядок и разместить их по каталогам.

Он-то, именно, и вводит в природу свои законы. Человеческий ум не в состоянии обнять большого количества отдельных фактов. Тот же принцип, который господствует в области политической экономии,—принцип, состоящий в получении возможно большого количества благ с наименьшей затратой труда,—господствует и в области науки. Действительно, во всех отраслях знаний мы стремимся к тому, чтобы с наименьшей затратой умственного труда обнять возможно больше явлений природы. Для этой, именно, цели служат законы природы, и такова их хозяйственная роль.

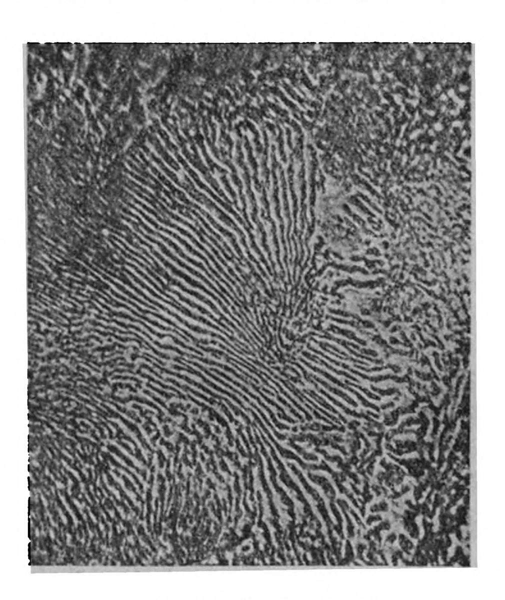
К сожалению, число известных нам точных законов природы не всегда бывает достаточным, чтобы с их помощью можно было охватить действительность. Поэтому науки должны прибегать еще к одному вспомогательному средству. Последнее хотя и не так точно, как законы природы, но все же позволяет приблизительно достигнуть той же цели. Этим вспомогательным орудием науки являются гипотезы. Так называются предположения, не доказанные и, обыкновенно, не поддающиеся доказательству; они допустимы в науке, так как облегчают собирание фактов и помогают выяснить связь между явлениями. С одной такой гипотезой мы сейчас познакомимся. Она является наиболее важной из всех гипотез, когда-либо созданных физикой и химией. Это—атомистическая гипотеза.

Основной вопрос, который лежит в основании этой гипотезы, можно выразить следующим образом:

— Составляет ли материя различных тел (дерева, воды, воздуха, камней и проч.) одну непрерывную массу, или

же, наоборот, она построена из множества кусков, отделенных друг от друга пустыми промежутками?

В некоторых случаях ответ на этот вопрос столь очевиден, что, повидимому, не может вызывать никаких сомнений. Рассмотрим, например, разрез дерева под микроскопом. Изображение тонкого слоя, увеличенное в несколько сот раз, убеждает нас, что дерево состоит из частей, которые мы ясно можем различить. Мы различаем в этом разрезе отдельные пучки сосудов, из которых построен ствол всякого дерева.


Рис. 45. Разрез стали.

Рассматривая под микроскопом кусок отшлифованного камня, мы тоже заметим отдельные куски, спаянные стекловидной массой.

Такую же картину представляют и металлы. Разрез куска литой стали, тщательно отшлифованный и предварительно подвергнутый действию некоторых реагентов, позволяет различить под микроскопом отдельные кристаллики, из которых состоит всякий отлитый из железа предмет, кажущийся нам однородным.

Все эти тела, подобные скоплению зерен песка, называются **неоднородными**, так как они состоят из отдельных кусков, видимых невооруженным глазом или под микроскопом.

Но кроме тел этого рода, природа изобилует другими, в которых мы не в состоянии различить отдельных составных частей. В капле воды, совершенно прозрачной и лишенной пыли и бактерий, мы не различаем отдельных частиц даже при самом сильном увеличении. Точно также мы не в состоянии различить в чистом кристалле каменной соли отдельных кирпичиков, из которых построен этот кристалл.

Такого рода тела называются однородными. Одного существования однородных тел, казалось бы, достаточно, чтобы дать ответ на поставленный выше вопрос. Казалось бы, что известные виды материи, а именно, все однородные тела, представляют собою сплошную, непрерывную массу, в которой нет отдельных промежутков или отверстий.

Тем не менее наука о природе на первой ступени своего развития, с которой мы познакомились в философских системах древних греков, припуждена была принять иной взгляд на строение вещества. Греческий философ Демокрит (470—360 г. до Р. X.), прозванный смеющимся философом, впервые высказал предположение, что все тела — однородные и неоднородные — построены из отдельных кусочков, между которыми находятся промежутки. Но эти кусочки так малы, что мы не можем и, вероятно, никогда не будем в состоянии увидеть их и подвергнуть исследованию.

Эти маленькие — хотя отнюдь не бесконечно малые — частички, составляющие как бы кирпичики, из которых построена материя, Демокрит назвал „атомами“; поэтому гипотеза, основанная на существовании этих частиц и рассматривающая их свойства, называется „атомистической гипотезой“

Название „атом“ происходит от греческого слова ἄτομος, которое означает „неделимый“. Действительно, в учебниках физики и химии часто встречается утверждение, что „атомы представляют собою последние, неделимые составные части вещества“. Но это утверждение, или, вернее, предположение о неделимости атомов, не является ни необходимым, ни существенным. Ибо мысленно мы можем всякое, даже самое маленькое тело делить без конца до тех пор, пока нам будет угодно. Что же касается практического исполнения этой операции, то предел делимости зависит от состояния техники. Но так как развитие техники безостановочно подвигается вперед, то невозможно предвидеть предел фактической делимости и заранее признать проблему делимости атомов неразрешимой.

Одним словом, нет никаких оснований считать атомы неделимыми. А электрические явления в физике и известные явления радиоктивности в химии — с ними мы познако-

мимся в последней лекции — делают вероятным существование частиц значительно меньших размеров, чем атомы. Это — электроны, масса которых в 2000 раз меньше массы наименьшего из известных нам атомов.

Таким образом, существенный признак атомов заключается не в их неделимости, но в индивидуальном существовании. Решающим моментом в данном случае является предположение, что всякое вещество построено из отдельных частиц.

Но здесь сейчас возникает вопрос: какую пользу может принести нам подобное предположение, которого нельзя доказать опытом, — предположение, переносящее нас сразу из реальной области фактов в царство фантазии и догадок.

Какова эта польза, мы вскоре узнаем. Мы убедимся, что предположение о существовании атомов дает нам в руки модель, с помощью которой мы можем мысленно воспроизводить явления природы.

Обратимся к конкретным примерам.

Всем, вероятно, известно, что большинство тел расширяется при нагревании и, обратно, сокращается при охлаждении и сжимании. Если признать за истину, что эти тела состоят из сплошных кусков вещества, то нам придется заключить отсюда, что объем тел должен быть неизменным, как их масса. Явления расширения и сжатия, т.-е. изменения объема, занимаемого веществом, было бы тогда трудно понять, а еще труднее конкретно себе представить. Совершенно в другом свете представляются эти явления, если предположим, что материя построена из атомов. Объем атомов может быть неизменяем, как их масса. Но промежутки между атомами, пустые пространства, отделяющие один атом от другого, могут изменять свой объем в зависимости от давления или температуры. Это нетрудно представить себе.

Другой пример. Всем известно, что сахар растворяется в воде. Не один из нас, вероятно, иногда за чаем задумывался над этим странным явлением. Сахар исчезает. Что же с ним происходит? При помощи атомистической гипотезы мы легко можем ответить на этот вопрос. Частички сахара размещаются между частицами воды, которые раздвигаются, чтобы дать им место.

Подобным же образом атомистическая гипотеза дает нам картину химического соединения. Вода есть соединение водорода с кислородом. Как нам представить себе наглядно процесс соединения этих двух элементов? При помощи атомов это очень легко сделать. Именно, атом кислорода привлекает к себе один или несколько атомов водорода, и таким образом образуются группы атомов на подобие кадрильных фигур. Эти скопления отдельных атомов составляют первичные кирпичики, из которых построено вещество воды.

Приведенные примеры показывают нам, что предположение о существовании атомов, не поддающееся, правда, опытному доказательству, все же позволяет нам вывести заключения, которые довольно хорошо согласуются с действительностью. Следовательно, это предположение дает нам довольно удобное средство, при помощи которого мы можем мысленно воспроизводить действительность.

Далее, мы пришли к заключению, что отдельные атомы могут соединяться между собою, образуя скопления. Такие группы, состоящие из двух, трех, четырех или большего числа атомов, называются молекулами или частицами.

В некоторых учебниках физика определяется, как наука о молекулах, в отличие от химии, как науки об атомах. Право, трудно придумать менее удачное определение. Физика и химия — опытные науки. Они занимаются изучением действительности, теми предметами и явлениями, которые доступны наблюдению при помощи наших внешних чувств. Но атомы и молекулы не являются реальными предметами, а составляют лишь плод нашего воображения, детище нашей фантазии [1]). Определять физику, как науку о молекулах, или химию, как науку об атомах, значит—низвергать эти науки с высокого пьедестала действительности в область фантазии, забывая об истинном значении науки. Атомы и молекулы — это лишь средства, созданные единственно для того, чтобы мысленно воспроизводить природу, но они отнюдь не цель науки. Задача науки состоит и будет состоять в изучении действительной природы; наука стремится открывать факты и понять действительную зависимость между отдельными явлениями.

---

[1]) Как мы увидим ниже, в последнее время наука склоняется к другому взгляду.

Мы только-что познакомились с двумя принципами, на которых основана вся атомистическая гипотеза.

— Материя состоит из отдельных частичек. Это атомы.

— Атомы образуют группы, называемые молекулами или частицами.

Из этих двух предположений мы вывели некоторые заключения. Проверяя их опытом, мы установили их полное соответствие с действительностью: Теперь постараемся вывести из атомистической гипотезы дальнейшие следствия и сравнить их с законами, открытыми опытным путем.

Такими законами являются три основных закона стехиометрии, открытые еще на склоне XVIII столетия, вскоре после того, как бессмертный Лавуазье установил закон сохранения массы.

Эти три закона были открыты—Иеремией Веньямином Рихтером (1762 — 1807), химиком на фарфоровом заводе в Берлине, и французом Иосифом Людовиком Пру (1755 — 1826), который раньше управлял аптекой в Париже, а затем был профессором в Испании.

Постараемся сначала познакомиться с фактическим содержанием этих трех стехиометрических законов, а потом рассмотрим их зависимость от атомистической гипотезы.

Первый закон гласит: два тела соединяются друг с другом в определенном весовом отношении.

Водород соединяется с кислородом, и в результате этого соединения получается вода. Водород с кислородом соединяется при этом таким образом, что на одну часть водорода приходится восемь частей кислорода. Если же возьмем больше кислорода, то излишек этого газа по окончании горения останется в неизменном виде. Если же возьмем менее, чем 8 частей кислорода, то после горения окажется остаток водорода.

То же самое относится и к остальным элементам и соединениям. Отношение элементов в каком-либо соединении всегда одинаково. Например, отношение водорода к кислороду в воде, как я только что указал, всегда равно 1 : 8; отношение водорода к хлору в соляной кислоте всегда равно 1 : 35, 5; отношение водорода к азоту в аммиаке равно 1 : 4,66 и т. д., независимо от способа получения воды, соляной кислоты и аммиака.

Гораздо более трудным представляется второй закон; в своей общей, **математической** форме он гласит:

Два элемента A и B соединяются порознь с третьим элементом C, образуя соединения AC и BC. В соединении AC приходится *m* весовых частей элемента A на одну часть C, а в соединении BC на одну часть C приходится *n* частей элемента B. Тогда можно утверждать, что в соединениях тех же двух элементов A и B с каким-либо другим элементом X числа, выражающие весовые отношения A к X и B к X, тоже должны относиться друг к другу, как *m* к *n*.

В таком общем виде трудно дать себе ясный отчет в содержании этого закона. Возьмем на помощь конкретный пример.

Хлор, бром и иод представляют собою три родственных элемента. Они входят в состав многих солей, между прочим и обыкновенной поваренной соли. В виду сходства этих элементов их причисляют к одному классу галоидов. Эти три галоида соединяются с водородом и при этом образуют три весьма важные кислоты: хлористоводородную, бромистоводородную и иодистоводородную.

В этих трех кислотах отношение между галоидом и водородом следующее:

a) в хлористоводородной кислоте на 1 часть водорода приходится 35,45 частей хлора;

b) в бромистоводородной кислоте на 1 часть водорода приходится 79,96 частей брома;

c) в иодистоводородной кислоте на 1 часть водорода приходится 126,85 частей иода.

Эти же три элемента легко соединяются с металлами, в особенности с калием и натрием, образуя соответственные соли. Отношение галоидов к металлам в этих солях, как показали весьма тщательные химические анализы, выражается следующими числами:

На 1 ч. калия приходится

a_1) в хлористом калии .	0,9055	ч.	хлора,
b_1) в бромистом	2,042		брома,
c_1) в иодистом	3,240	„	иода;

а в натриевых солях:

На 1 ч. натрия приходится

a_2) в хлористом натрии	1,538	ч.	хлора,
b_2) в бромистом	3,469		брома,
c_2) в иодистом	5,503		иода.

Как видим, веса соединений галоидов с металлами образуют довольно пестрый ряд чисел. Но простое вычисление убеждает нас, что отношения, так называемых, пайных весов трех галоидов во всех трех случаях одинаковы, а именно:

$$0,9055 : 2,042 : 3,240 = 35,45 : 79,96 : 126,85;$$
$$1,538 : 3,469 : 5,503 = 35,45 : 79,96 : 126,85.$$

Действительно, если помножим числа второго ряда на 39,15, а числа третьего ряда на 23,05, то получим те же веса галоидов, как и в водородных соединениях.

На 39,15 ч. калия приходится

a_1') в хлористом калии	35,45	ч.	хлора,
b_1') в бромистом	79,96	„	брома,
e_1') в иодистом	126,85		иода.

Точно так же и в натриевых соединениях:

На 23,05 ч. натрия приходится

a_2') в хлористом натрии	35,45	ч.	хлора,
b_2') в бромистом	79,96	„	брома,
c_2') в иодистом	126,85	„	иода.

Итак, если вычислим весовые отношения галоидов к калию, считая на 39,15 весовых частей этого элемента, и весовые отношения галоидов к натрию, считая на 23,05 весовых частей натрия, то получим те же числа, что и в соединениях с водородом: 35,45 ч. хлора, 79,96 ч. брома и 126,85 ч. иода.

Подобным же образом мы можем для всех элементов определить известные постоянные числа, которые называются пайными весами или эквивалентами.

Обратимся, наконец, к третьему основному закону. На первый взгляд кажется, что этот закон противоречит двум предыдущим законам. Но в данном случае оказывается, что исключения подтверждают правило. Исследования ученых доказали, что некоторые элементы соединяются между собою

не в одном только отношении, но часто в двух, трех определенных отношениях и даже более. Английский химик Дальтон, о котором мы сейчас будем говорить подробнее, доказал, например, что кислород и азот образуют пять различных соединений неодинакового состава, а именно: закись азота, окись азота, азотистый ангидрид, азотноватый ангидрид и азотный ангидрид. Состав этих соединений следующий:

на 1 ч. азота приходится

а)	в закиси азота .	0,571 ч. кисл.
б)	„ окиси „	1,143
в)	„ азотистом ангидриде .	1,714 „
г)	„ азотноватом ангидриде .	2,286 „
д)	„ азотном ангидриде	2,857

Существование этих различных соединений азота с кислородом, казалось бы, противоречит первому закону, а именно, закону постоянства отношений. В действительности же это не так. Нужно лишь расширить этот закон следующим образом: два элемента могут соединяться в нескольких отношениях, но эти отношения должны быть строго определенные, как мы видели в соединениях азота с кислородом.

Далее, эти же соединения обнаруживают чрезвычайно интересную правильность. Отношение весов кислорода в упомянутых пяти соединениях равно отношению простых чисел:

0,571 : 1,143 : 1,714 2,286 2,857 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

Этот результат имеет общее значение.

Всякий раз, когда тело А соединяется с телом В в нескольких определенных отношениях, веса тела А, приходящиеся на одинаковое количество тела В, находятся в отношении простых целых чисел.

В данном случае это отношение весьма простое — 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

Этот третий закон был установлен полностью лишь в 1808 г. Дальтоном и носить название закона Дальтона или также закона кратных отношений.

Джон Дальтон (1766 — 1844) был сыном бедного английского ткача. Рожденный и воспитанный в большой нужде, он уже на тринадцатом году своей жизни зарабатывал

свой хлеб уроками. Впоследствии он стал профессором в Манчестерском университете (college). Здесь братья Джауль, как я уже упомянул раньше, совершили под руководством Дальтона свои первые шаги на научном поприще.

Дальтон первый извлек из забвения Демокритовы атомы и постарался применить их к объяснению химических явлений и законов. Дальтону нетрудно было убедиться, что с помощью атомистической гипотезы можно ясным и весьма наглядным образом представить основные законы химии, которые в своей точной математической форме нелегко поддаются пониманию.

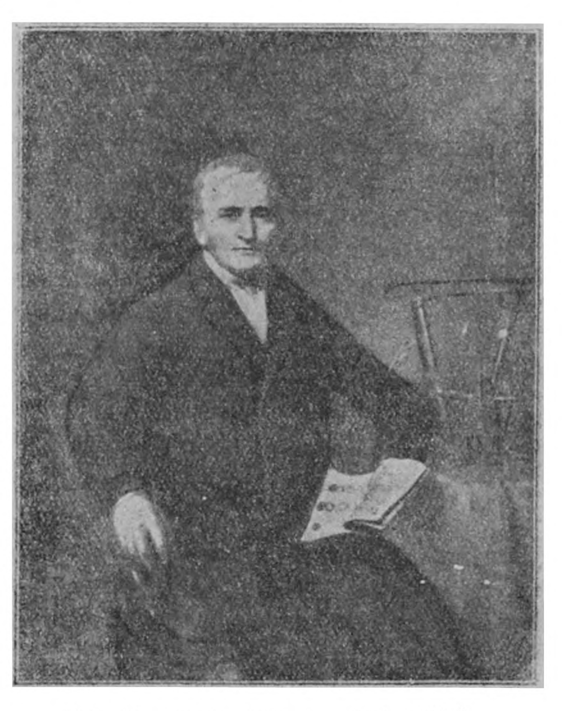


Рис. 46. Джон Дальтон (1766—1844).

Если предположим, согласно атомистической гипотезе, что химическое соединение двух тел состоит в соединении атомов одного из них с атомами другого, то очевидно, что соединение должно происходить в постоянном отношении, а именно, в отношении атомных весов.

Следовательно, если один атом тела A соединяется с одним лишь атомом тела B, то отношение их пайных весов должно быть равно отношению веса атома A к весу атома B.

Если же, кроме того, два атома A соединяются с одним атомом B, то, очевидно, отношение весов во втором соединении должно быть вдвое больше; если, кроме того, три атома A соединяются с одним атомом B, то отношение весов должно быть втрое больше и т. д. Таким образом, становится ясным содержание закона постоянных отношений, равно как и закона кратных отношений.

Но и второй закон стехиометрии весьма просто объясняется при помощи атомистической гипотезы. Действительно, согласно этой гипотезе, пайные веса элементов выражаются числами, прямо пропорциональными весам отдельных атомов этих же элементов. Поэтому неудивительно, что эти числа должны быть одинаковы при всяких условиях, какие бы комбинации мы ни рассматривали. Следовательно, допуская существование атомов, мы приходим к следующему общему заключению:

Если два тела A и B соединяются между собою, то соединение происходит таким образом, что один, два, три или же большее число атомов тела A соединяются с одним, двумя, тремя или большим числом атомов тела B. Поэтому пайные веса обоих тел должны находиться в таком отношении, в каком находятся веса их атомов или их простые кратные.

Вот почему химики называют пайные веса элементов атомными весами.

Атомные веса элементов.

(1926 г.)

O = 16

Азот	N	14,008	Кальций	Ca	40,07
Алюминий	Al	26,97	Кислород	O	16 000
Аргон	Ar	39,88	Кобальт	Co	58,97
Барий	Ba	137,4	Кремний	Si	28,06
Бериллий	Be	9,02	Криптон	Kr	82,9
Бор	B	10,82	Ксенон	Xe	130,2
Бром	Br	79,92	Лантан	La	138,9
Ванадий	V	51,0	Литий	Li.	6,94
Висмут	Bi	209,0	Лютеций	Lu	175,0
Водород	H	1,008	Магний	Mg	24,32
Вольфрам	W	184,0	Марганец	Mn	54,93
Гадолиний	Gd	157,3	Медь	Cu	63,57
Галлий	Ga	69,72	Молибден	Mo	96,0
Гафний	Hf	178,6	Мышьяк	As	74,96
Гелий	He	4,00	Натрий	Na	23,00
Германий	Ge	72,60	Неодимий	Nd	144,3
Гольмий	Ho	163,5	Неон	Ne	20,2
Диспрозий	Dy	162,5	Никкель	Ni	58,68
Европий	Eu	152,0	Ниобий	Nb	93,5
Железо	Fe	55,84	Олово	Sn	118,7
Золото	Au	197,2	Осмий	Os	190,9
Индий	In	114,8	Палладий	Pd	106,7
Иод	J	126,92	Платина	Pt	195,2
Иридий	Ir	193,1	Празеодимий	Pr	140,9
Иттербий	Yb	173,5	Радий	Ra	226,0
Иттрий	Y	89,0	Родий	Rh	102,9
Кадмий	Cd	112,4	Ртуть	Hg	200,6
Калий	K	39,10	Рубидий	Rb	85,5

Рутений	Ru	101,7	Торий .	Th	232,1
Самарий	Sm	150,4	Туллий	Tu	169,4
Свинец	Pb	207,2	Углерод	C	12,00
Селен	Se	79,2	Уран	U	238,2
Сера	S	32,07	Фосфор	P	31,04
Серебро	Ag	107,88	Фтор	F	19,00
Скандий	Sc	45,10	Хлор	Cl	35,46
Стронций	Sr	87,6	Хром	Cr	52,01
Сурьма	Sb	121,8	Цезий	Cs	132,8
Таллий	Tl	204,4	Церий	Ce	140,2
Тантал	Ta	181,5	Цинк . .	Zn	65,37
Теллур	Te	127,5	Цирконий	Zr	91,2
Тербий	Tb	159,2	Эманация	Em	222
Титан .	Ti	48,1	Эрбий	Er	167,7

Понятно, что „истинные“ веса атомов должны быть весьма незначительны, так что непосредственно определить их невозможно. Пайные веса, при помощи которых мы вычисляем атомные веса, дают нам лишь относительные числа, т.-е. веса атомов, вычисленные по отношению к одному элементу, атомный вес которого мы произвольно принимаем за единицу. В качестве такого элемента можно выбрать водород, атомный вес которого принимают равным единице, или, лучше, кислород, атомный вес которого в настоящее время считается равным 16.

Название „атомные веса“ не вполне удачно, так как оно невольно наводит на предположение, что эти числа выражают некоторые гипотетические, воображаемые лишь величины, не поддающиеся опытному определению. Но такое предположение неверно. Числа, выражающие атомные веса, совершенно не зависят от самой гипотезы о существовании атомов. Эта гипотеза может пасть подобно многим другим гипотезам, о которых нам рассказывает история науки, но атомные веса, равно как и все вычисления, основанные на этих числах, никогда не потеряют своего значения.

Для того, чтобы лучше уяснить себе понятие об атомных весах, можно воспользоваться их аналогией с рыночной ценой различных веществ. Всякому хорошо известно и понятно, что различные металлы обладают на рынке далеко неодинаковой стоимостью. Поэтому, желая обменять один металл на другой, например, золото на серебро или на медь, мы не будем давать фунт золота в обмен на фунт серебра, но

произведем обмен в определенном отношении весов, соответствующем сравнительной стоимости этих металлов.

Нечто подобное мы наблюдаем и в химии. Мы уже неоднократно могли заметить, что и химические реакции представляют некоторую аналогию с меновой торговлей. Один металл замещается другим или, вообще, данный элемент соединения замещается другим элементом или радикалом. В этом обмене участвуют, как нам известно, не равные веса различных элементов, а такие веса, которые отвечают их химической ценности, т.-е. „эквиваленты“.

В экономической жизни мы для облегчения всех расчетов выбираем цену одного вещества за единицу, например, цену определенного весового количества золота; цена других веществ выражает отношение их стоимости к стоимости золота, т.-е. произвольно выбранного нами металла.

Подобно этому, мы и в химии принимаем вес одного элемента, например, водорода, за единицу и к этой единице приводим эквивалентные, т.-е. способные заменять друг друга, веса других элементов.

Эту аналогию мы можем провести и дальше. В денежном хозяйстве мы знаем два вещества, которые служат оба в качестве меновых единиц: золото и серебро. Еще недавно существовали и в химии два основных вещества, к массе которых приводились эквивалентные массы других элементов: водород, которого атомный вес принимался за единицу, и кислород, которому приписывали атомный вес 16. Хотя водород обладает тем преимуществом, что его атомный вес меньше атомных весов всех других элементов, но зато он обладает и крупными недостатками,—например, его трудно получить в совершенно чистом виде, и он не соединяется с большинством других элементов. Поэтому в последнее время водород должен был окончательно уступить почетное место кислороду, который свободен от указанных недостатков.

Нельзя, однако, не обратить внимание на некоторый произвол, допускаемый нами при выборе между различными кратными атомных весов. Вернемся, например, к упомянутым выше окислам азота.

Если бы мы приняли атомный вес азота за единицу, то у нас все же остались бы сомнения относительно выбора между кратными числами, выражающими пайные веса

кислорода в его соединениях с азотом. Попробуем выбрать в качестве атомного веса кислорода самое большое из чисел, приведенных на стр. 156, т. е. число 2,857, соответствующее составу азотного ангидрида. В таком случае мы должны допустить, что в азотном ангидриде на один атом азота приходится один атом кислорода. Но тогда в азотноватом ангидриде на один атом азота придется всего $\frac{2.286}{2.857}$, т. е. 0,8 атома кислорода, а в соединении, которое называется закисью азота, только 0,2 атома кислорода. Но коль скоро мы допускаем индивидуальное существование атомов, мы не в праве допускать, что в молекулу входит дробное число атомов. Поэтому избранный нами атомный вес кислорода, т.-е. число 2,857, мы должны считать несоответствующим коренным предположениям атомистической гипотезы.

Отсюда следует, что из всех кратных чисел, выражающих пайные веса элемента X в его соединениях с элементом У, припятым за единицу, в качестве атомного веса необходимо взять самое меньшее кратное. В данном случае мы можем принять, что атомный вес кислорода равен 0,571 (считая атомный вес азота равным единице). Тогда окислы азота будут иметь следующий состав:

а) закись азота .	1 атом азота	+ 1 атом кислорода
б) окись	1	+ 2 атома
в) азотистый ангидрид .	1	+ 3
г) азотноватый ангидрид	1	+ 4
д) азотный ангидрид	1	+ 5 „

Если придерживаться указанного условия при выборе атомных весов, то атомный состав соединений всегда будет выражаться целыми числами.

Но это условие, хотя и необходимое, не является достаточным, ибо оно не может однозначно определить атомного веса элемента. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим состав такого простого соединения, как вода. Вода состоит из водорода и кислорода. Она содержит:

на 1 часть водорода 7,936 частей кислорода.

Если предположим, что каждая частица воды состоит из одного атома водорода и одного атома кислорода, тогда мы атомный вес кислорода (по отношению к водороду,

как к единице) должны положить равным 7,936. Такого мнения придерживались химики до последней четверти минувшего столетия. Формулу воды тогда писали HO, обозначая этим, что в молекуле воды на один атом кислорода (O) приходится один атом водорода (H). Однако, можно стать и на другую точку зрения. Можно атомный вес кислорода принять равным 15,87, допуская в то же время, что каждая частица воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Такой состав выражается символом H_2O, который теперь является общепринятым.

Где же найти критерий для выбора того или другого числа?

Эта неопределенность существовала в химии долгое время после того, как в науку была введена гипотеза Дальтона, и весьма затрудняла научные сношения исследователей. Пользуясь неодинаковыми основными единицами, а вследствие этого и различными формулами соединений, ученые перестали понимать друг друга.

Возможность выхода из этого неопределенного положения была создана итальянским ученым, графом Амедеем Авогадро.

Авогадро родился в 1776 г. в Турине. Он происходил из дворянского сословия, и отец его был высокопоставленным пьемонтским сановником. Амедей предназначался для адвокатуры подобно Лавуазье. Но так же, как и этот последний, Авогадро вскоре бросил изучение законов, созданных человеком, и всецело посвятил себя изучению нерукотворных законов природы. 33-х лет от роду Авогадро был назначен доцентом „философии природы“ в лицее в Верчелли. Когда Авогадро своими работами составил себе имя в ученом мире, король Виктор Эммануил в 1820 г. создал для него специальную кафедру математической физики в Турине.

Однако, спустя три года эта кафедра была упразднена реакционным правительством, и только в 1833 г. была вновь восстановлена. Ее занял тогда знаменитый математик Коши. Когда же Коши спустя один год оставил эту кафедру, она была возвращена Авогадро. Авогадро занимался наукой до конца своей жизни. Он умер в 1856 г., дожив до 80 лет.

Главная заслуга Авогадро заключается в установлении им гипотезы, дающей возможность определять относительные

веса молекул. В науке эта гипотеза известна под названием гипотезы Авогадро.

Благодаря опытам Гэ-Люссака и Гумбольдта относительно синтеза воды и других веществ, образующихся из газообразных элементов, был установлен следующий закон: если два газа соединяются друг с другом, то объемное отношение их может быть выражено с помощью простых (т.-е. малых) целых чисел.

Так, при образовании воды один объем кислорода соединяется с двумя объемами водорода, образуя 2 объема водяного пара. При образовании соляной кислоты один объем водорода соединяется с одним объемом хлора, образуя 2 объема хлористого водорода. Один объем азота, соединяясь с тремя объемами водорода, дает 2 объема аммиачного газа.

Во всех исследованных до сих пор реакциях подтверждается указанное правило: отношение объемов газов, соединяющихся друг с другом, и отношение объемов реагирующих газов к объему полученного соединения (если последнее тоже находится в газообразном состоянии) выражается простыми рациональными и целыми числами.

Гениальный Авогадро установил логическую связь между этими эмпирическими законами, с одной стороны, и атомистической гипотезой, с другой. Атомистическая гипотеза в том виде, как ее понимал Дальтон, требует, чтобы при образовании соединения одна молекула вещества A соединялась с простым числом молекул вещества B. В действительности же мы наблюдаем, что один объем вещества A (в газообразном состоянии) соединяется с простым целым числом объемов вещества B (в газообразном состоянии). Не естественно ли предположить, что одинаковые объемы различных газов содержат одинаковое число частиц?

Это заключение выведено было Авогадро в 1811 г. Три года спустя оно, независимо от Авогадро, было высказано знаменитым французским физиком Ампером. Но еще долгое время ученые отказывались признать эту гипотезу, несмотря на ее простоту и огромное значение для определения атомных весов.

Какую услугу нам оказывает гипотеза Авогадро и Ампера при определении молекулярных весов, можно видеть

при рассмотрении состава воды. Вода состоит из двух объемов водорода и одного объема кислорода. Уже это обстоятельство говорит в пользу формулы H_2O; атомный вес кислорода должен тогда быть равным 15,87 (по отношению к водороду). Далее, опыт показывает, что из 2 объемов водорода и 1 объема кислорода получаются два объема водяного пара. На языке молекулярной гипотезы это означает, что 2 молекулы водорода + 1 молекула кислорода образуют 2 молекулы воды. Так как каждая молекула воды содержит не менее одного атома кислорода, то одна молекула кислорода содержит, по крайней мере, два атома. Аналогичное заключение можно вывести относительно большинства других газов: водорода, азота, хлора и др.

Таким образом, счастливая мысль Авогадро обогатила науку новым методом определения молекулярных (или частичных) весов различных соединений. Действительно, достаточно найти плотность исследуемого вещества в парообразном состоянии, чтобы из отношения его плотности к плотности какого-либо газа, которого молекулярный вес известен — например, водорода или кислорода — найти молекулярный вес первого. Для опытного определения этих столь важных величин был выработан целый ряд методов; назовем способы Дюма, Гофманна, Виктора Мейера. Определение молекулярного веса приобрело весьма важное значение, особенно в органической химии, так что для характеристики всякого нового вещества считается необходимым указать его молекулярный вес на ряду с его элементарным анализом. Конечно, понятие молекулярного веса лишь постепенно вошло в науку; только в 1860 г., на знаменитом съезде химиков в Карлсруэ, достигнуто было всеобщее соглашение химиков относительно молекулярных весов.

Молекулярные веса, подобно атомным, представляют собою относительные числа, которые выражают лишь отношение веса частицы данного элемента (или соединения) к весу частицы определенного элемента, принятому за единицу.

Молекулярные веса имеют в науке еще и специальное значение: они представляют как бы особую индивидуальную единицу веса, к которой следует приводить свойства различных веществ при их сравнении друг с другом.

Действительно, при сравнении каких-либо физических свойств тел, например, удельных объемов, светопреломляющей способности, электропроводности и т. д., мы относим эти свойства не к равным весам различных веществ, а к эквимолекулярным весам, т.-е. к таким, которые соответствуют одинаковым количествам молекул. Только при таком сравнении исследуемые физические свойства обнаруживают более или менее простую закономерность.

Может, однако, возникнуть вопрос, нельзя ли какимнибудь путем составить себе хотя бы приблизительное понятие об истинной, т.-е. абсолютной величине атомов и молекул? Позволяют ли нам представления об атомах, созданные наукой в течение веков, питать хоть слабую надежду на то, что когда нибудь нам удастся наглядно убедиться в существовании этих маленьких, но столь важных телец?

В последние годы было открыто несколько путей, ведущих к этой цели. Хотя абсолютно верных результатов не удалось достигнуть, — да и достигнуть их невозможно в виду гипотетического характера самого вопроса, — но знаменательно уже то, что все эти пути привели почти к одинаковым заключениям относительно абсолютной величины атомов, хотя и самые пути, и исходные точки совершенно различны.

Различные наблюдения убеждают нас, что эта величина должна быть чрезвычайно мала.

С помощью молотка можно сплющить некоторые металлы в чрезвычайно тоненькие пластинки. Например, здесь у меня в руках пластинка золота, наклеенная на стекло. Эта пластинка так тонка, что кажется нам прозрачной, хотя она совершенно не повреждена. Можно взвесить такую пластинку и вычислить ее объем, разделив вес пластинки на удельный вес золота. Измерив затем поверхность пластинки и разделив объем на поверхность, мы найдем толщину пластинки. Вычисление показывает, что толщина такой золотой пластинки составляет всего 0,000066 миллиметра! Тысяча таких пластинок, сложенных вместе, не составят еще толщины листа бумаги.

Фарадэю удалось получить еще более тонкие слои золота посредством электролиза раствора солей золота. Толщина этих слоев составляла всего 0,000001 миллиметра!

Еще более тонкие слои вещества получил Рентген, — тот самый физик, которому мы обязаны открытием X-лучей.

Как известно, масло, расплываясь по поверхности воды, образует тоненькие пленки; Рентген получил таким путем слои масла толщиною в 0,0000005 миллиметра. Диаметр молекулы, следовательно, должен быть, во всяком случае, не больше этой величины.

Сколь мала должна быть масса отдельной молекулы, об этом лучше всего можно судить по распространению запаха в воздухе. Одно зернышко мускуса, весом всего лишь в несколько миллиграммов, насыщает воздух целой комнаты своим запахом, который сохраняется в течение нескольких лет. В небольшом количестве воздуха, производящего моментальное действие на слизистую оболочку нашего носа, должна находиться, по меньшей мере, одна молекула мускуса. Исходя из таких соображений, можно вычислить верхний предел для массы одной молекулы пахучего вещества. Согласно вычислению Бертело, это число равно одной стотысячнобиллионной части грамма!

Зрение в этом отношении менее чувствительно, чем обоняние.

Здесь предо мною бутылочка красящего вещества, которое называется флуоресцеином. Беру щепотку этого вещества и растворяю в натриевой щелочи. Получается коричневый раствор, который я разбавляю водой. Этот раствор, как вы видите, в отраженном свете имеет прекрасный зеленый блеск. Подобное световое явление называется флуоресценцией, и этому свойству наше красящее вещество обязано своим названием. Мы видим, следовательно, что одна капля раствора окрашивает целый литр воды в зеленый цвет. Бельгийский физико-химик Спринг установил, что самое меньшее количество флуоресцеина, достаточное для того, чтобы сообщить воде характерный зеленый отблеск, составляет всего одну тысячабиллионную часть грамма! Частичка с таким весом имеет в поперечнике не более 0,0001 миллиметра!

Покажем на опыте, как можно обнаружить самые ничтожные количества вещества; с этой целью мы возьмем красное красящее вещество, называемое фуксином. Взвешенное количество фуксина, а именно, $^1/_{10}$ грамма, я растворяю в 50 кубических сантиметрах спирта. Теперь я беру посредством маленькой пипетки один кубический сантиметр полученного раствора и разбавляю его двадцатью кубическими санти-

метрами воды. Каплю этого разбавленного раствора я опускаю на маленькую латунную пластинку, в которой просверлены два маленьких отверстия. Эта пластинка имеет 1 миллиметр толщины, сечение же отверстия составляет 1 квадратный миллиметр. Каплю окрашенного раствора я опускаю в одно из отверстий, затем закрываю его с обеих сторон тоненькими стеклышками, которые употребляются обыкновенно для покрывания микроскопических препаратов. Другое отверстие остается для сравнения незаполненным. Я помещаю пластинку в проекционный фонарь; теперь вы видите на экране, что маленькая капелька раствора фуксина имеет ясную окраску; окраска выступает еще резче при сравнении с пустым отверстием, помещенным рядом с первым в той же пластинке.

Вычислим, сколько фуксина содержит столбик жидкости, наполняющий отверстие пластинки. Так как толщина пластинки составляет 1 миллиметр, а площадь отверстия равна 1 квадратному миллиметру, то объем столбика жидкости должен составлять 1 кубический миллиметр. Один кубический сантиметр раствора содержит $^1/_{10000}$ часть грамма фуксина; следовательно, количество фуксина в отверстии пластинки, вполне достаточное, чтобы произвести окраску, составляет лишь $^1/_{10000000}$ часть грамма!

В только что изложенных примерах мы находили лишь высшие пределы объема и массы молекулы. Но некоторые новейшие опыты с коллоидальными растворами, а также теоретические соображения из совершенно разнородных областей физики и химии позволили в последнее время с весьма большой долей вероятности вычислить действительные размеры молекул. Оказалось, что числа, полученные совершенно различными и независимыми путями, согласуются чрезвычайно близко.

Наши обыкновенные меры длины слишком грубы, чтобы выразить эти величины. Во избежание лишних нулей приходится применять особые единицы длины. Одна тысячная миллиметра называется микроном и обозначается греческой буквой μ. Один микрон соответствует приблизительно одной сотой доле толщины человеческого волоса. Для измерения молекул, однако, удобнее пользоваться еще меньшей мерой, а именно, одной тысячной долей микрона, т.-е. одной миллионной долей миллиметра. Эту меру называют миллимикроном и обозначают двумя буквами $\mu\mu$.

Опыты относительно верхнего предела размеров молекулы убеждают нас, что этот предел лежит за областью видимого. Действительно, самые лучшие микроскопы позволяют нам различать бактерии величиной, примерно, в 0,0002 миллиметра, т.-е. в 200 микромикронов; если даже допустим, что возможно еще значительно усовершенствовать стекла микроскопов, то все-таки нам не удастся перейти за предел 150 микромикронов, соответствующий одной четверти длины световой волны [1]). Но в последнее время удалось значительно передвинуть границу распознаваемости (не смешивать с видимостью) малых частичек. Посредством ультрамикроскопа, изобретенного в 1903 г. Зидентопфом и Зигмонди, мы можем распознавать еще частички, которых диаметр не превышает 5 $\mu\mu$.

Но даже при помощи ультрамикроскопа невозможно различить частицы в совершенно однородных телах, например, в чистой и „оптически пустой“ воде. Следовательно, молекулы воды должны быть меньше 5 $\mu\mu$. Существует, однако, целый класс тел, которые на глаз кажутся однородными, но, как оказывается при более точном наблюдении, содержат подвешенные частички в виде очень тонкой эмульсии. Существование этих частичек легко доказывается хотя-бы тем обстоятельством, что такие растворы рассеивают пропускаемый через них свет (явление Тиндалля). Эти коллоидальные растворы, находящиеся на границе между истинными, т.-е. однородными, растворами и неоднородными смесями, содержат — согласно новейшим исследованиям — отдельные частички как-бы растворенных веществ, плавающие в растворителе. Не здесь место входить подробнее в описание чрезвычайно интересных явлений, наблюдаемых в этих „ложных растворах“ Для нас важен лишь факт, что мы можем различными способами получить коллоидальные растворы, содержащие частички любой величины. В большинстве случаев эти частички можно различать при помощи ультрамикроскопа. Но иногда это невозможно. Так, например, Зигмонди получил коллоидальные растворы золота, в которых отдельные частички имеют всего 2-3 $\mu\mu$ в диаметре.

[1]) Относящиеся сюда соображения подробно изложены в книге Майкельсона: „Световые волны и их применения“. Перевела *В. О. Хвольсон* под ред. проф. О. Д. Хвольсона. 1912. Изд. „Матезис“.

Эти растворы кажутся вполне прозрачными. При помощи ультрамикроскопа мы не в состоянии различить в них отдельных частичек золота. Их можно сделать доступными наблюдению только посредством особенного способа, а именно, путем выращивания: в соприкосновении с „истинным“ раствором золота эти частички растут вследствие выделения золота на их поверхности.

Весьма важным доводом в пользу атомистического воззрения является то обстоятельство, что между телами однородными и заведомо неоднородными (дисперсными) существует непрерывный ряд переходов. Действительно, благодаря этому обстоятельству мы в праве все то, что мы знаем относительно частичек коллоидов, распространить на истинные молекулы. Таким образом достигнута, наконец, мечта об экспериментальном изучении свойств частиц.

Рассмотрим, например, свойство непрерывного движения частиц, составляющее основу кинетической гипотезы. Уже давно замечено было, что маленькие тельца, взмученные в воде, обнаруживают под микроскопом весьма заметное движение. По имени первого наблюдателя это явление было названо Броуновским движением. Перрен и Сведберг доказали, что исследование Броуновского движения позволяет опытным путем подтвердить выводы кинетической гипотезы газов, а Смолюховский и Эйнштейн теоретически вывели связь между наблюдаемым Броуновским движением и предполагаемым движением частиц.

На основании опытов, произведенных различными независимыми друг от друга методами, оказалось возможным вычислить, сколько частиц содержится в одном куб. сантиметре газа при атмосферном давлении и температуре 0°. Известно, что согласно гипотезе Авогадро все газы в одинаковых обьемах содержат одинаковое число частиц. Поэтому число частиц, найденное для одного газа, должно годиться также для всех газов, т.-е. должно представлять собою универсальную константу Впервые последняя была вычислена Лошмидтом, почему она и называется Лошмидтовым числом.

Число молекул в 1 куб. сант. газа при 0° и под давлением 1 атмосферы неимоверно велико. Оно выражается числом 32. 10^{18}, т.-е. к 32 мы должны приставить восемнадцать нулей! Зная это число, мы можем вычислить радиус шара,

представляющего одну молекулу. Мы получаем чрезвычайно малое число: так, радиус одной частицы кислорода равен всего 0.2$\mu\mu$! Следовательно, он в 3—5 раз меньше радиуса самых малых материальных частичек, доступных нашему наблюдению.

Трудно представить себе столь малые величины. Если мы, следуя примеру лорда Кельвина, увеличим мысленно каплю воды до размеров земного шара, то отдельные молекулы воды окажутся по величине меньше биллиардных шаров и больше шариков дроби.

Нам не дана пока возможность непосредственно наблюдать молекулы. Но математическое вычисление может проникнуть и туда, куда не суждено проникнуть человеческому глазу. Математики давно уже поставили себе задачей найти путем вычисления величину частиц, исходя из самых разнообразных физических законов и явлений. Такими исходными точками служили отклонения от законов, установленных для газов, скорость диффузии газов, диэлектрическая постоянная и т. д. Найденные величины, хотя и не вполне совпадают, колеблются все около нескольких десятых $\mu\mu$. Но путь математиков тернист и труден. Поэтому мы пойдем другим путем и займемся новым классом явлений, которые, как оказывается, подтверждают предыдущие результаты.

Из элементарного курса физики известно, что воздух, равно как и все другие газы, не проводит электричества. Действительно, будь воздух хорошим проводником, мы не могли бы проводить электрический ток чрез неизолированные, „голые“ проволоки: из проволок, проводящих токи в телеграфе, телефоне, трамвае или в электрических лампах, электричество постоянно уходило бы в окружающий воздух. Таким образом, непроводимость воздуха имеет для нас весьма существенное значение. Но мы можем, все-таки, заставить воздух проводить электричество. Мы в состоянии достичь этого различными способами: либо действуя на воздух катодными лучами, или рентгеновскими, или невидимыми лучами ультрафиолетового света, либо нагревая воздух до высоких температур, либо, наконец, подвергая его влиянию токов высоких напряжений. В этих условиях в воздухе и в других газах можно наблюдать течение положительного электричества от анода к катоду и течение отрицательного электри-

чества в обратном направлении. Известно, что перенос электричества в жидких и в газообразных проводниках, т.-е. электролитах, может совершаться не иначе, как через передвижение материальных частичек. Такие частички, несущие с собою определенные электрические заряды, называются ионами. Согласно основному закону электролиза, открытому Фарадэем (срав. стр. 111), одинаковые количества ионов переносят с собой всегда одинаковые количества электричества. Поэтому исследователи приложили много усилий, чтобы с точностью определить электрический заряд одного отдельного иона. Зная этот заряд, можно вычислить число ионов в единице объема газа, а также радиус отдельного иона. Для экспериментального определения электрического заряда отдельного иона придумано было не менее семи методов.

Вильсон основал метод исчисления ионов на том факте, что насыщенные пары осаждаются на поверхности ионов в виде маленьких капель. Сосчитав эти капли, можно определить число ионов и вычислить заряд отдельного иона. Путем распыления металлов в вольтовой дуге Эренгафт получил весьма мелкие облака, состоящие из частичек металлов; электрический заряд этих частичек можно было определить. Ту же величину электрического заряда отдельного иона Планк вычислил, основываясь на законах лучеиспускания сильно нагретых тел. Самые же интересные методы определения заряда иона основаны на явлениях распада радия, — того загадочного элемента, который за последние десятилетия привлекал внимание всего ученого мира.

Явлениям радиоактивности мы посвятим последние лекции настоящего курса. Но уже и теперь я могу упомянуть об основном свойстве этого элемента. Благодаря исследованиям последних лет мы можем теперь считать доказанным, что элемент радий находится в состоянии непрерывного и постепенного распада. Атомы этого элемента, распадаясь, испускают одновременно лучи различного рода. По своим свойствам лучи радия разделяются на три класса, обозначаемые начальными буквами греческого алфавита. Мы различаем, таким образом, лучи α, β, γ. Из них первые, т.-е. лучи α, оказались особенно важными для определения величины атомов. Рамзай и Содди доказали при помощи спектроскопа, что α - лучи представляют собою не что иное, как атомы особого

газообразного элемента — гелия. Эти лучи, однако, не являются электрически нейтральными, но обладают положительным электрическим зарядом. Мы, следовательно, имеем здесь дело с ионами гелия. Ретчерфорд определил число ионов гелия в единице объема, т.-е. в одном куб. сант., тремя независимыми методами: во-первых, из общей энергии α-лучей, затем по периоду превращения радия и, наконец, из заряда частичек лучей α. Все эти способы привели к одному и тому же числу, — в среднем 29 с 18-ью нулями. Число это очень хорошо совпадает с теми результатами, которые были найдены из Броуновского движения, из кинетической гипотезы, а также различными другими методами (см. стр. 169).

Благодаря радию, заветная мечта физиков — непосредственно наблюдать атомы — приблизилась к осуществлению. Нам уже известно, что этот элемент испускает лучи α. Этих лучей мы не можем наблюдать непосредственно. Но если частичка α попадает на поверхность какого-нибудь фосфоресцирующего вещества, например, сернистого цинка, то в месте падения мы замечаем искру, как при ударе кремния о кусок стали. Если производить эти наблюдения в темной комнате, то на фосфоресцирующем экране из сернистого цинка можно наблюдать вспыхивание маленьких огоньков, напоминающее собою мерцание звезд. Сосчитывая эти светящиеся точки, мы можем определить, сколько атомов гелия образуется в данный промежуток времени. Мы можем, следовательно, определить число атомов и вычислить их абсолютную величину. Пользуясь этим методом, Регенер насчитал в одном куб. сан. гелия при 0° и атмосферном давлении 27.10^{18} атомов этого газа, — число, которое поразительным образом совпадает со всеми другими числами, найденными столь разнородными путями. Таким образом оказывается, что один грамм радия каждую секунду извергает не меньше 34 биллионов атомов гелия!

Если мы теперь бросим взгляд на пройденный путь, то должны будем признать, что успехи, достигнутые за последнее время наукой, колоссальны. Раскрыта чудная гармония, господствующая в мире чрезвычайно малых величин. Близится к решению одна из самых трудных проблем естествознания —

вопрос о внутреннем строении материи. Почти все это достигнуто только в текущем столетии.

Сопоставляя это последнее обстоятельство с чрезвычайно быстрым темпом развития, наблюдаемым за последнее время в других областях естественных наук и технике, мы не можем не преисполниться самыми светлыми надеждами на будущее.

На прилагаемой таблице сопоставлены последовательные успехи науки в измерении очень малых величин.

Толщина человеческого волоса .	100.000	μμ
Толщина листа бумаги	50.000	μμ
Самое малое количество соли, которое можно открыть при помощи спектроскопа (по Бунзену)	6.600	μμ
Бактерии холеры, диаметр	2.000	μμ
Самая тонкая платиновая проволока (Вульстен) .	750	μμ
Длина световой волны	500	μμ
Мельчайшая крупинка мускуса, узнаваемая по запаху (Бертело)	260	μμ
Мельчайшие бактерии	200	μμ
Предел видимости при помощи микроскопа .	160	μμ
Мельчайшая крупинка флуоресцеина, обнаруживаемая по окраске воды (Спринг)	120	μμ
Толщина листочка золота	50	μμ
Тончайший слой электролитического осадка меди по Обербеку	7	μμ
Слой золота по Фарадэю	6	μμ
Предел узнаваемости при помощи ультрамикроскопа .	5	μμ
Частица крахмала, диаметр .	5	μμ
Коллоидальные частички золота по Зигмонди . .	2	μμ
Слой масла по Рентгену, толщина	0,6	μμ
Частица кислорода, диаметр	0,4	μμ
Частица водорода, диаметр	0,1	μμ
Размеры электрона	0,000.002	μμ

Наши счета с прошлым закончены. Я старался в общих чертах изобразить наиболее существенные моменты в истории развития химии. О многом важном я упомянул лишь вскользь, о многом я совсем умолчал. Вообще, подробное знакомство с историей возможно лишь при систематическом изучении науки.

Следующие лекции мы посвятим ознакомлению с современным состоянием химии, и с этой целью мы рассмотрим заслуги наиболее выдающихся современных химиков. В ближайшей лекции я постараюсь изобразить новейший период в истории развития органической химии, при чем остановлюсь на способах искусственного получения красящих веществ, на синтезе сахаров и, наконец, на синтезе белковых тел — этих загадочных носителей жизни. Затем я постараюсь изобразить цели и успехи физической химии, которая зародилась здесь, в стенах Политехнического Института, и здесь же, благодаря Оствальду и Вальдену, рослась в целую науку.

Последнюю лекцию я посвящу химии будущего — исследованию недавно открытых явлений радиоактивности и современной алхимии. Хотя эти исследования еще далеко не закончены, тем не менее уже теперь можно предвидеть, что этому классу явлений суждено сыграть совершенно исключительную роль.

ИСТОЧНИКИ.

W. Nernst. Theoretische Chemie. Stuttgart, 1921.
Svante Arrhenius. Theorien der Chemie. Leipzig, 1906.
Снайдер. Картина мира в свете современного естествознания. Перев. проф. *В. В Зѳьялова*. Издание *Матезис*. Одесса.
L. Bruner. Pojecia i teorye chemii. Варшава, 1905.
M. Smoluchowski. Zarys najnowszych postepów fizyki. Львов, 1897.
Дж. Дж. Томсон. Корпускулярная теория вещества. Перев. *И. Левинтова*. Издание *Матезис*. Одесса, 1910.
Werner Mecklenburg. Die experimentelle Grundlegung der Atomistik. Iena, 1910.
Ernst Cohen. Hundert Jahre in der Molekularwelt (1811—1911). Zeitschrift f. Elektrochemie 17 (1911). Русский перев.
G. Mie. Moleküle, Atome, Weltäther. Leipzig, 1907.
Ж. Перрэн. Броуново движение и реальность молекул. Перев. *Д. К. Добросердова*. Жур. Рус. Физико-Хим. Общества. Часть химическая. Т. 43 (1911).
Перрен. Атомы.
Lasswitz. Geschichte der Atomistik.
B. Bavink. Grundriss der neueren Atomistik. 1922.
B. Russell. ABC der Atome. Uebersetzt von Dr. Werner Bloch. 1925.

ЛЕКЦИЯ VIII.

Расцвет органической химии и его практические последствия.

Роль гипотезы в науке. — Состояние органической химии после Либиха и Вёлера. — Типы. — Метан. — Валентность. — Продукты замещения. — Бензольное кольцо. — Неизменяемость углеродного скелета. — Формулы строения, как символы. — Решение вопроса об изомерии. — Направление исследований в области органической химии. — Бутлеров. — Синтезы Бертело. — Практические следствия. — Байер. — Его заслуги в деле научного образования техников. — Фишер. — Сахары. — Группа мочевой кислоты. — Протеины. — Перспективы синтеза белковых тел. — Ненцкий

Атомистическая гипотеза познакомила нас с новым способом научного мышления, — с применением гипотез. От законов природы и основанных на них точных теорий гипотезы отличаются тем, что опираются на предположения, которые невозможно доказать непосредственно, и содержат величины, которые мы не в состоянии измерить.

Масса, вес, теплота и работа — это величины, которые мы можем непосредственно определить с помощью соответственных приборов. Свойства же атомов, их скорость, размеры, масса — это величины, которые до последнего времени не поддавались непосредственным измерениям. В лучшем случае можно было лишь проверить, насколько те или иные условно принятые числа соответствуют или противоречат нашим допущениям.

Если обратить внимание на шаткие основания гипотез, если признать, что невозможно ни точно доказать их, ни опровергнуть, то является вопрос, не приносят ли гипотезы науке более вреда, чем пользы? Но достаточно вспомнить, какую важную роль гипотезы играли во все времена, и какое огромное значение имеют они еще в настоящее время,

чтобы признать их право на существование. Вспомним о гипотезе электрических жидкостей, на которой прежде основывалось учение об электричестве, вспомним гипотезу о теплороде, которая долгое время служила основанием учения о теплоте. Что же, если не гипотезу, представляла флогистонная теория? А разве эфир, на котором еще недавно зиждилось все учение о свете, не является вполне гипотетическим веществом? Предположение, что теплота есть особого рода движение молекул, господствует в науке еще и в настоящее время. Наконец, гипотеза об атомах считается по сию пору основанием столь обширной области знания, как химия.

Если мы все это примем во внимание, то мы склонны будем признать, что подробная разработка гипотез всегда составляла одну из важнейших задач науки и останется таковою в будущем. Такое мнение господствовало долгое время. Не только в физике и химии, но и в других естественных науках разработка различных гипотез считалась не менее важной задачей, чем непосредственное исследование явлений природы, т.-е. наблюдение и опыт.

Но наука признает только один авторитет — природу. То мнение, которое вчера еще было общепринятым, завтра будет, может быть, опровергнуто новыми фактами.

Когда атомистическая гипотеза, казалось, была на высоте своего величия, в научных кругах возникло течение, направленное не только против атомистической гипотезы, но отрицающее вообще за всеми гипотезами право на существование. В борьбу против господства гипотез в точных науках наиболее энергично выступил Вильгельм Оствальд, известный реформатор физической химии. Свои взгляды на роль гипотез он изложил в лекциях по натурфилософии.

По Оствальду, главные признаки, отличающие гипотезы от точных теорий, это — произвольность и непостоянство.

Точные законы природы обыкновенно выражаются уравнениями, содержащими различные величины, которыми характеризуются явления. Мы неоднократно встречали примеры таких уравнений и видели, каким образом можно все эти величины измерять. Если полученные путем измерений

числа удовлетворяют уравнению, то закон, выражаемый этим уравнением, мы считаем верным. По мере развития методов исследования, по мере возрастания количества опытного материала и точности измерений, несомненно могут обнаружиться некоторые отклонения от установленных законов. В таких случаях следует либо надлежащим образом ограничить закон, либо же установить новый.

Другое дело гипотезы. Атомистическая гипотеза, представляющая в целом весьма гармоническое здание, была основана на фундаменте вполне произвольных положений. Правда, следствия, выведенные из этих положений, прекрасно согласовались с опытом. Но это доказывало лишь, что положения очень удачно подобраны, и никак не могло считаться доказательством правильности самих положений. Действительно, история науки показывает, что лишь только обнаруживалось разногласие между гипотезой и опытом, тотчас делались попытки несколько изменить первоначальные положения. Часто удавалось таким образом спасти гипотезу. Однако, всякая гипотеза рано или поздно теряла право на существование в науке.

Нужно ли поэтому вполне отказаться от пользования гипотезами? Не будем впадать в крайности! Если даже признать справедливым изречение одного из выдающихся противников гипотез, что „одно число [1]) больше стоит, чем целая библиотека гипотез“, то все-таки не следует забывать о той весьма важной роли, какую они имели в истории развития науки.

Эта роль была двоякая. Прежде всего мнемотехническая. Устанавливая логическую связь между отдельными фактами, а часто даже между целыми областями науки, гипотезы освобождают память от балласта разрозненных сведений. Но более того, из гипотез можно иногда вывести ценные заключения. Эти заключения исследователи старались проверять опытом; хотя результаты не всегда соответствовали ожиданиям, однако, гипотеза таким образом давала толчок к новым опытам и являлась источником открытий.

Такого рода импульс оказывает особенно ценные услуги в те периоды развития науки, когда она углубляется в

[1]) Под „числом“ здесь подразумевается результат какого-либо измерения, например, коэффициент расширения стекла.

новые, дотоле неисследованные области явлений, где особенно сильно ощущается полное отсутствие света точных законов и теорий. В этих темных областях гипотеза в руках исследователя служит волшебной лампочкой, и недаром исследователи ценят этот свет, пусть мерцающий и непостоянный.

Как известно, такую фазу развития переживала органическая химия в середине XIX столетия. Были известны сотни органических соединений, были сделаны точные анализы их; но классифицировать соединения на основании происхождения одних тел от других в то время еще не умели.

Правда, уже Либих и Вёлер указали первый путь к классификации органических соединений, введя понятие о радикале, как неизменной группе нескольких элементов, входящей в состав соединения. Но путь, намеченный этими учеными, оставлял много места для произвола, и за выбор тех или иных радикалов велась ожесточенная борьба. В большинстве случаев нельзя было получить радикалов в свободном состоянии или непосредственно установить их свойства. Поэтому при выборе радикалов исследователи руководствовались лишь своего рода инстинктом, так называемым, „химическим чутьем“. Но, очевидно, это был весьма субъективный критерий.

Однако, по мере развития органической химии начало обнаруживаться стремление к уменьшению общего числа радикалов; это достигалось путем приведения многих отдельных радикалов к некоторым общим типам. Таким образом, благодаря исследованиям Жерара и Лорана, удалось, наконец, свести все обширное количество радикалов к сравнительно небольшому числу „типов“, а затем и эти типы привести к двум лишь „первичным радикалам“. Такие первичные радикалы были найдены в метане и бензоле.

Метан, который называется также болотным газом, образуется в болотах и угольных копях. Смесь этого газа с воздухом чрезвычайно взрывчата, и ежегодно взрывы в угольных копях уносят сотни жертв.

Каким образом из этого газа, родоначальника всех соединений, так называемого, жирного ряда, можно вывести эти соединения, показал в 1858 г. Кекуле, профессор Боннского университета.

Болотный газ, или метан, состоит из двух элементов: углерода и водорода, и содержит на 1 весовую часть углерода 0,333 весовых частей водорода.

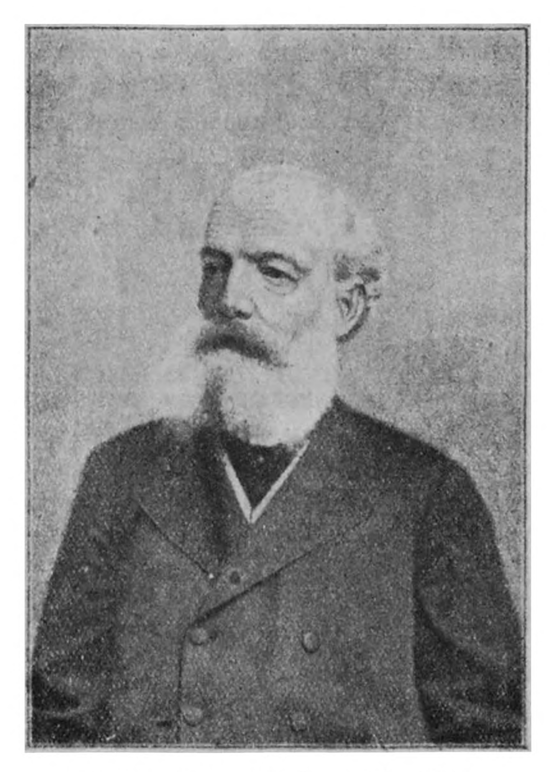


Рис. 47. Август Кекуле (1829—1896).

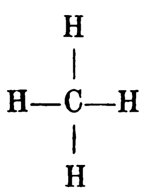
Атомный вес углерода, как видно из таблицы на стр. 164, считается равным 12; помножив два предыдущих числа на 12, мы найдем, что в метане

на 12 частей углерода приходится 4 части водорода.

Так как атомный вес водорода считается приблизительно равным единице, то оказывается, что в нашем углеводороде на один атом углерода приходится 4 атома водорода.

Пользуясь химическими символами, мы выразим состав метана символом CH_4.

Таким образом, *последовательное* применение атомистической гипотезы заставляет нас приписать углероду способность соединиться с четырьмя атомами водорода. Применяя для выражения этой способности понятие, введенное *Франкландом* в 1853 г. и названное *валентностью* или *атомностью*, мы может сказать, что углерод есть четырехатомный или четырехвалентный элемент. Четыре сродства углерода, связывающие с ним четыре атома водорода, мы изображаем наглядно посредством четырех черточек, соединяющих символ углерода с символом водорода:



Далее, мы можем в метане земенить водород другим элементом, например, хлором. Смотря по количеству хлора, введенному в метан, мы можем получить в результате замещения четыре соединения, выражаемые формулами:

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H - C - Cl \\ | \\ H \end{array} \qquad \begin{array}{c} H \\ | \\ H - C - Cl \\ | \\ Cl \end{array} \qquad \begin{array}{c} H \\ | \\ Cl - C - Cl \\ | \\ Cl \end{array} \qquad \begin{array}{c} Cl \\ | \\ Cl - C - Cl \\ | \\ Cl \end{array}$$

Из этих четырех соединений наиболее известно третье, содержащее три атома хлора; оно называется хлороформом. Аналогичным же образом мы можем водород метана заменить другими элементами, например, бромом или иодом. Полученные продукты замещения не будут существенно отличаться от вышеприведенных соединений с хлором. Разница обнаруживается лишь, если в метане водород заместить кислородом. Отличие сказывается в том, что *один атом* (или 16 весовых частей) *кислорода замещает два атома* (две весовые части) *водорода*. Поэтому принято говорить,

что кислород двувалентен (двуатомен). Замещая водород метана кислородом, мы получаем следующие соединения:

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ C = O \\ | \\ H \end{array} \qquad \text{и} \qquad O = C = O$$

муравьиный алдегид — углекислота.

Если заместить водород азотом, то окажется, что азот трехвалентен; мы получаем соединение

$$H - C \equiv N$$

цианистый водород.

Это соединение, которое обыкновенно называется синильной кислотой, есть сильнейший яд.

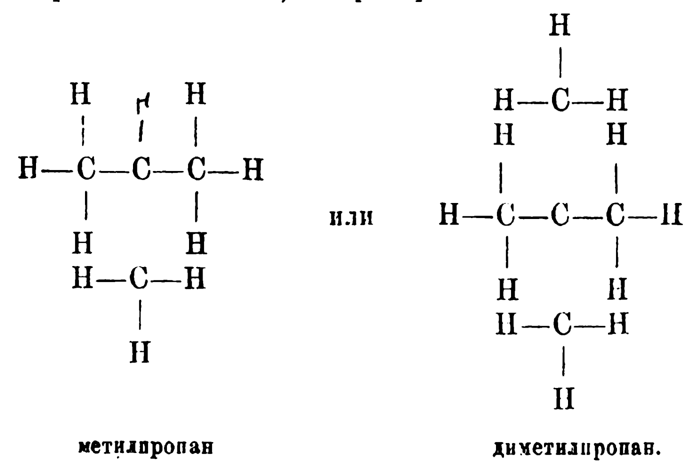
Однако, следует признать, что число соединений, которые можно подобным образом вывести из метана, не велико. Но здесь на помощь является новое допущение: атомы углерода могут соединяться между собою подобно тому, как они соединяются с атомами водорода, кислорода, азота и других элементов. Таким образом можно получить цепи из двух, трех, четырех атомов углерода и более:

$$\begin{array}{ccccc} & H & H & & \\ & | & | & & \\ H - & C - & C - & H & \\ & | & | & & \\ & H & H & & \end{array} \quad \begin{array}{ccccc} & H & H & H & \\ & | & | & | & \\ H - & C - & C - & C - & H \\ & | & | & | & \\ & H & H & H & \end{array} \quad \begin{array}{cccccc} & H & H & H & H & \\ & | & | & | & | & \\ H - & C - & C - & C - & C - & H \\ & | & | & | & | & \\ & H & H & H & H & \end{array}$$

этан — пропан — бутан и т. д.

Известны цепи, содержащие до пятидесяти атомов углерода. Так, в стеарине главная составная часть содержит цепь, состоящую из 18 атомов углерода, а в состав воска входят углеводороды с 46-ью атомами углерода.

Далее, прямые цепи могут быть соединены с боковыми цепями различной длины, например:



метилпропан диметилпропан.

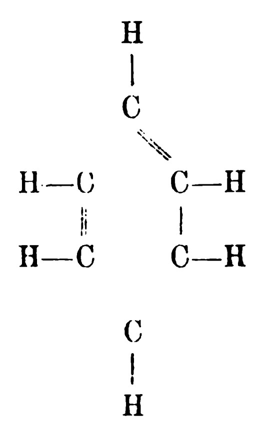
Во всех вышеуказанных углеводородах можно по-прежнему заместить водород другими элементами или радикалами. Таким образом получается почти неисчерпаемый запас комбинаций, вполне соответствующий множеству существующих в действительности углеродных соединений.

Все эти углеродистые соединения, формулы которых можно вывести из формулы метана, химики обыкновенно соединяют в одну большую семью, называемую рядом метана или жирным рядом. Последнее название объясняется тем, что и жиры также принадлежат к этому семейству.

Вторую семью составляет значительное число соединений, называемых ароматическими. Их тоже можно вывести из формулы одного углеводорода. Этим углеводородом является, однако, не метан, а бензол, ароматическая жидкость, открытая Фарадэем в 1825 г.

Бензол получается в больших количествах на газовых заводах из жидких продуктов сухой перегонки угля. Он применяется преимущественно для изготовления анилиновых красок и других красящих веществ. Формула бензола C_6H_6 показывает, что молекула этого углеводорода состоит из 6 атомов углерода и 6 атомов водорода. Кекуле дал, так называемую, структурную формулу, которая изображает строение молекулы бензола и сохраняется во всех производных бен-

зола. Это — кольцо, состоящее из 6 атомов углерода. Каждый атом углерода соединен с одним атомом водорода одной связью, а два соседних атома углерода соединены между собою попеременно то одной, то „двойной“ связью. Таким образом получается кольцо из 6 атомов углерода, составляющее скелет бензола и всех его производных:



Замещая в бензоле отдельные атомы водорода другими атомами или радикалами и соединяя между собою кольца, мы можем вывести все ароматические соединения (число их не меньше, чем число жирных соединений) из формулы бензола подобно тому, как формулы жирных соединений выводятся из формулы метана.

Все вышеизложенное можно вкратце формулировать так: исходя из допущения четырехатомности углерода и предполагая, что атомы углерода могут соединяться между собою, мы можем построить очень большое число формул; к каждой формуле мы относим затем некоторое действительное, исследованное тело.

Спрашивается:

1) откуда известно какому соединению следует отнести ту или иную формулу?

2) в чем состоит практическая польза этой операции? На оба эти вопроса мы можем ответить одновременно.

Прежде всего допустим, что из соединения, имеющего определенное строение, при замещении известных элементов

и радикалов другими элементами и радикалами образуются всегда соединения того же типа; другими словами, производные данного соединения обладают тем же скелетом из атомов углерода, что и основное вещество. Основываясь на этом простом допущении, мы получим класс тел, имеющих одинаковое расположение атомов, например:

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & \\ & & | & & | & & \\ H & — & C & — & C & — & H \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}$$

этан

$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & H & & & & \\ & & | & & | & & & & \\ H & — & C & — & C & — & O & — & H \\ & & | & & | & & & & \\ & & H & & H & & & & \end{array}$$

алкоголь

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & & & \\ & & | & & & & \\ H & — & C & — & C & = & O \\ & & | & & | & & \\ & & H & & H & & \end{array}$$

альдегид

$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & & & & & \\ & & | & & & & & & \\ H & — & C & — & C & — & O & — & H \\ & & | & & \| & & & & \\ & & H & & O & & & & \end{array}$$

уксусная кислота

$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & H & & H \\ & & | & & | & & | \\ H & — & C & — & C & — & N \\ & & | & & | & & | \\ & & H & & H & & H \end{array}$$

этиламин

Все эти тела представляют собою производные одного и того же вещества — этана.

Пользуясь подобным родством, мы можем с большою степенью вероятности определить строение данного соединения. Для этого достаточно превратить его в другое соединение, строение которого нам уже известно. Обратно, тот же способ начертания формул органических соединений имеет неоценимые качества для изображения химических реакций. Действительно, он позволяет нам весьма наглядным образом выразить положение данного вещества в химической системе, принадлежность его к известной семье, отношение к другим веществам, и, следовательно, характер химических превращений, которым оно подвергается при взаимодействии с различными другими соединениями. Указанные символы, которые называются структурными формулами, служат кратким и чрезвычайно удобным выражением множества отдельных фактов, которые было бы весьма трудно представить в какой-либо иной форме.

Этот способ изображения химического характера соединений приобрел особенное значение в органической химии, по-

тому что в этой области мы постоянно имеем дело с соединениями, которые нисколько не отличаются качественно, т. е. своими элементами, а часто обладают даже одинаковым количественным составом. Вспомним явление „изомерии“, послужившее яблоком раздора между первыми двумя органиками, Либихом и Вёлером. Оба они открыли два тела одинакового состава, но разных свойств: гремучую кислоту и циановую кислоту. Основываясь на структурной теории, нетрудно представить различие между этими двумя телами. Оно заключается в том, что атомы этих двух кислот неодинаково расположены друг относительно друга. Обе имеют одну и ту же формулу HCNO. Но в гремучей кислоте кислород связан с азотом, а в циановой — с углеродом:

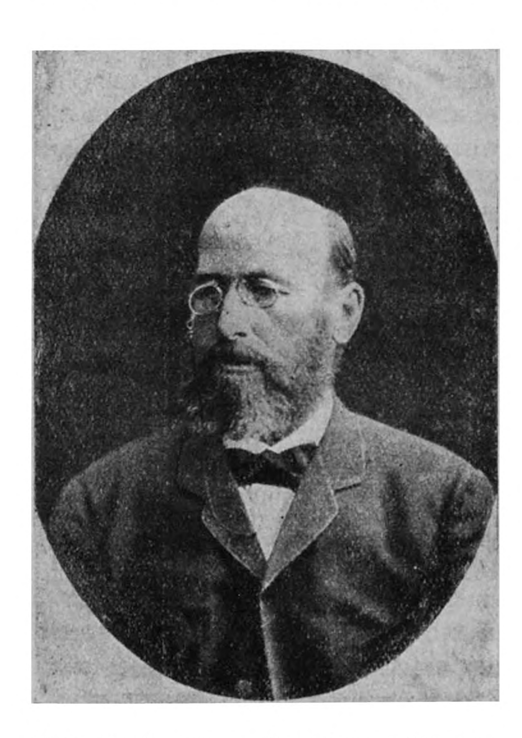
C N—O—H	N C—O—H
гремучая кислота	циановая кислота.

Как я уже указал в лекции о Либихе и Вёлере, случаи изомерии органических соединений, которые сперва были известны в небольшом числе, скоро стали обнаруживаться все чаще и чаще. При этом оказалось, что количество известных изомеров в каждом отдельном случае обыкновенно совпадает с числом возможных в данном случае структурных формул. Иногда число существующих изомеров бывает меньше, чем требуется по структурной теории. Но это разногласие можно легко объяснить тем, что некоторых соединений еще не удалось получить. Но зато никогда еще не наблюдалось, чтобы число полученных изомеров превысило число возможных формул, что, очевидно, опровергало бы теорию.

Структурная теория была принята химиками с истинным восторгом. Кроме Кекуле, для разработки и приложения этих теоретических воззрений, господствующих в химии еще и в настоящее время, много сделал шотландец Купер и знаменитый парижский химик Вюрц. Но, главным образом, основные мысли Кекуле были развиты и разработаны знаменитым русским химиком Александром Михайловичем Бутлеровым.

Бутлеров родился в 1828 году, в городе Чистополе Казанской губернии. 16-ти лет от роду Бутлеров посту-

нил в Казанский университет, химическое отделение которого блистало в то время такими профессорами химии, как Клаус,— известный исследователь платиновых металлов, открывший элемент рутений, и органик Зинин, который первый получил искусственным путем анилин и другие столь же важные соединения. Эти химики и руководили первыми шагами Бутлерова на научном поприще. Благодаря своим выдающимся способностям, Бутлеров по окончании университета сейчас же получил профессорскую кафедру, освободившуюся после перехода Клауса в Дерптский университет (1852 г.). Вначале Бутлеров не обнаруживал особенно плодотворной научной деятельности его поглощало дело преподавания, и, кроме того, ему недоставало руководителя, вносящего обыкновенно в ум молодых ученых тот идейный фермент, который заставляет их всецело отдать свои силы на разрешение той или другой научной проблемы. В этом отношении решающее влияние на развитие Бутлеровского гения и на судьбу органической химии в России имела поездка Бутлерова за границу.


Рис. 48. Александр Михайлович Бутлеров (1828—1886).

В 1857 г. Александр Михайлович исходатайствовал для себя командировку с ученой целью за границу на 1 год и 2 месяца; необходимость этой командировки он мотивировал следующим образом:

„Личные свидания между учеными, доставляющие возможность взаимного обмена мыслей, неопровержимо полезны

вообще; но для людей, посвятивших себя науке, в которой практические способы исследований предшествуют выводам теоретическим, и где развитие так быстро, что каждый день приносит новые открытия, — этот обмен мыслей становится делом первой потребности“.

Результаты поездки вполне оправдали высказанное здесь мнение. Ознакомление с теорией и практикой научной работы на западе дало возможность целому ряду выдающихся молодых талантов привить такие же методы в русских высших учебных заведениях. До последних дней командировка молодых ученых за границу составляет лучший способ подготовки научных сил.

Во время своей поездки Бутлеров посетил лучшие химические лаборатории в Германии, Швейцарии, Италии, Франции и Англии. Дольше он оставался в Париже, где работал в знаменитой лаборатории Медицинской Школы у Вюрца, и в Гейдельберге, где приват-доцентом тогда был Кекуле. Таким образом он имел возможность близко познакомиться с структурной теорией и собрать запас идей для своей будущей научной деятельности в России. По возвращении Бутлерова в Казань, в стенах химической лаборатории Казанского университета началась кипучая работа, плодом которой явились весьма обширные и чрезвычайно важные исследования, так называемых, метиленовых производных, т. е. соединений типа CH_2 R_2. Раз было найдено направление для научной мысли, тотчас явились и ученики; создалось то, что между русскими химиками принято называть Бутлеровской школой.

В статьях Бутлерова мы впервые встречаем вполне стройное изложение теории строения, без тех противоречий, в которые впадал Вюрц и даже сам Кекуле. То же цельное понимание теории строения видно и в экспериментальных исследованиях Бутлерова; все они имели своей целью доказать на опыте факты, предсказываемые теорией строения. Сюда относятся исследования совершенно новых случаев изомерии между углеводородами, спиртами и кислотами. Бутлеров открыл третичные спирты, изобутилен и другие углеводороды. Все эти работы сделаны в Казани.

В 1868 г. Бутлеров был избран ординарным профессором Петербургского Университета. В Петербурге

Но, к сожалению, природа во многих отношениях обрекла нас на односторонность. Наша деятельность в различных Бутлеров занимался, главным образом, изучением триметилуксусной кислоты и изомерии углеводородов этиленового ряда.

В заключение нашего очерка научной деятельности Бутлерова приведем слова Н. А. Меншуткина, характеризующие Александра Михайловича, как человека и общественного деятеля:

„Гуманный, в высокой степени справедливый Бутлеров откликался на все хорошее. При открытии земских учреждений он был одним из выдающихся деятелей Казанского Земства. Когда по инициативе профессора Кеслера организовались съезды естествоиспытателей, столь споспешествовавшие научному развитию, Бутлеров первый является одним из наиболее деятельных членов. Он чутко откликнулся на вопрос о высшем женском образовании и в продолжение многих лет вел преподавание химии на Высших Женских Курсах. Старейшие из Вас, быть может, помнят тот юношеский пыл, с которым Бутлеров защищал интересы русской науки, когда последним грозила опасность. Как председателю Вольно-Экономического Общества, одному из лучших русских пчеловодов, Бутлерову были дороги интересы русского народа“ [1]).

С тех пор, как доказана была плодотворность теории строения, старания химиков были направлены к размещению известных и вновь открытых соединений по схеме структурных формул. С тех пор истинной и даже единственной задачей химии стали считать определение формулы строения для каждого органического соединения как естественного, так и полученного искусственным путем. Только после установления структурной формулы тело считалось вполне исследованным. Это научное направление сохранилось в органической химии до настоящего времени.

Необходимо, правда, признать, что этот взгляд на цели и задачи химии с течением времени оказался односторонним.

---

[1]) Памяти Александра Михайловича Бутлерова. Речи, читанные в общем собрании Русского Физико-Химического Общества 11-го января 1887 г. Н. А. Меншуткиным, Г. Г. Густавсоном и В. В. Марковниковым. Журнал Русского Физико-Химич. Общества, 19 (1887).

областях обыкновенно колеблется между крайностями. Однако, нельзя отрицать, что несмотря на эту односторонность, — и, может быть, именно благодаря ей, — структурное направление оказалось весьма плодотворным.

Это относится, прежде всего, к области синтеза органических тел.

С 1828 года, с того достопамятного момента, когда Фридрих Вёлер произвел первый искусственный синтез органического вещества, — а именно, синтез мочевины из ее элементов[1]), — наука в течение многих лет не подвигалась дальше в этом направлении. Лишь с половины прошлого столетия начинают развиваться методы, дающие возможность от тел более простого строения, т.-е. от соединений, содержащих меньшее количество атомов углерода, перейти к более сложным соединениям, т.-е. состоящим из большого числа углеродных атомов.



Рис. 49. Марселен Бертело (1827—1907).

В этом отношении чрезвычайно важное значение имели опыты, предпринятые в 1860 году знаменитым французским ученым Бертело (род. в Париже в 1827 г., умер там же в 1907 г.). Он доказал, что углерод, который при обыкновенных условиях не вступает в реакцию с водородом, соединяется с ним при температуре электрической дуги. Продуктом этого соединения является ацетилен. Это — газообразный углеводород, который в настоящее время добывается в больших количествах, хотя совершенно другим способом, и применяется для освещения наравне с обыкновенным светильным газом. Оказалось, что, исходя из ацетилена, можно построить различные органические соединения. Ацетилен соединяется с водородом, образуя этилен. Присоединяя к ацетилену водород и воду, получим алкоголь; окисление же

[1]) В 1824 г., как установил Б. Н. Меншуткин, Вёлер получил щавелевую кислоту из циана.

ацетилена дает муравьиную кислоту. При нагревании ацетилена до весьма высокой температуры он переходит в бензол, тот самый основной продукт, от которого ведет свою родословную большой ряд ароматических соединений. Одним словом, благодаря открытиям Бертело, мы можем из углерода получить большое множество органических соединений, тысячи продуктов, имеющих важное значение не только для теории, но также и для прикладной химии и физиологии.

Но если это открытие неоценимо в теоретическом отношении, то его экономическое значение равно нулю. Действительно, чтобы получить подобным путем грамм масла или незначительное количество сахара, пришлось бы при различных манипуляциях, ведущих к этой цели, затратить большие количества более ценных веществ, не говоря уже о значительном количестве энергии, которая при этих превращениях должна потерять свою ценность. Полученные этим путем продукты пришлось бы продавать на вес золота.

Тем не менее в некоторых областях химический синтез приобрел широкое практическое значение и способствовал возникновению обширных отраслей химической промышленности. Сюда относится изготовление ряда лекарств: антипирина, фенацетина, сахарина и многих других. Особенно же могущественное влияние химический синтез оказал на технику красящих веществ, дав способ искусственного изготовления красящих веществ, которые прежде добывались из растений [1]). Важнейшие приобретения в этом направлении были достигнуты во вторую половину прошлого столетия, когда были открыты синтезы ализарина и индиго. В настоящее время промышленность органических красящих веществ достигла колоссального развития и находится в цветущем состоянии; в одной Германии она вызвала к существованию сотни фабрик и составляет один из важнейших

[1]) Первые синтезы органических красящих веществ были произведены в 1856 г. Английский химик Перкин первый получил искусственную анилиновую краску; почти одновременно с ним польский ученый Яков Натансон, профессор Дерптского университета, а затем Главной Школы в Варшаве, дал способ получения розанилина из анилина и хлористого этилена. Это были первые зачатки производства искусственных органических красящих веществ.

источников народного богатства. В виду этого следует признать вполне справедливым, что ученое жюри, на которое возложена раздача Нобелевских премий, наиболее выдающимся ученым, филантропам и художникам, в 1905 году присудило премию по химии (около 200.000 марок) тому исследователю, который в этой науке имеет, действительно, величайшие заслуги — Адольфу Байеру [1]).

Байер — сын полковника прусского генерального штаба; он родился в 1835 г. в Берлине. Подобно многим другим выдающимся химикам, Байер уже с молодых лет занимался химическими опытами, на которые он, впрочем, первоначально смотрел, как на забаву, а не как на науку. Когда Байеру исполнилось девять лет, он получил в подарок от отца „Школу химии" Штекгарта. После того он устроил себе химическую лабораторию, на которую тратил свои карманные деньги, — 50 пфеннигов еженедельно. Поступив в 1853 г. в Берлинский университет, Байер сначала избрал предметом своих

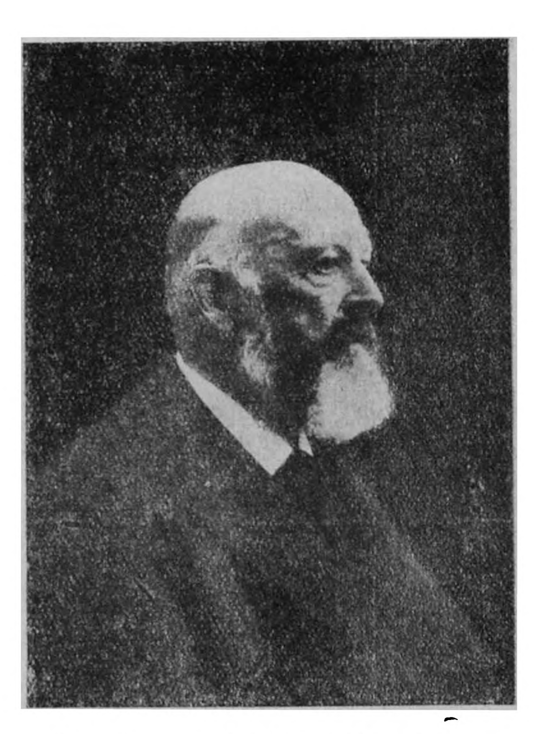


Рис. 50. Адольф Байер (1835—1917).

[1]) Редкое изобретение оказало столь огромное влияние на народное хозяйство, как открытие искусственного ализарина. Плантации крапп. растения, из которого раньше получалось это красящее вещество, занимали громадные пространства земли во Франции, Голландии и на юге России. Никакие пошлины и премии не были в состоянии спасти этой отрасли промышленности в борьбе с искусственным ализарином; напротив, они задержали развитие красильной промышленности в этих странах и были одной из причин, по которой эта промышленность получила в Германии такое мощное развитие.

занятий физику и математику. Только впоследствии, а именно, по отбытии воинской повинности, Байер перешел в Гейдельбергский университет и здесь стал заниматься специально химией под руководством Бунзена. Август Кекуле был тогда приват-доцентом Гейдельбергского университета. Увлеченный лекциями и симпатичной личностью Кекуле, Байер начал работать в лаборатории этого ученого, устроенной в его частной квартире.

Предметом изучения были органические соединения мышьяка. Эти весьма ядовитые соединения с теоретической точки зрения необыкновенно интересны. Они, именно, несколькими годами раньше привели Бунзена к открытию какодилового радикала.

Однажды Кекуле нашел своего ученика с опухшим лицом в обморочном состоянии. Байер только-что открыл хлористый арсенметил; за это открытие он весьма легко мог поплатиться жизнью, так как это соединение отличается чрезвычайно ядовитыми свойствами. Не взирая на опасность, Байер продолжал вести эти исследования и в 1858 г. представил Берлинскому университету свою работу в виде диссертации на степень доктора. Но берлинские химики не сумели оценить этой работы. Молодая, не успевшая еще развиться органическая химия была им еще мало знакома. Поэтому они приняли сочинение довольно холодно. Байер с трудом получил степень доктора, да и то лишь с удовлетворительной отметкой.

После этого разочарования Байер возвратился к Кекуле и вместе с ним поехал в Гент, куда тот был приглашен на кафедру химии. Только в 1860 г. Байер вернулся в Берлин, чтобы здесь защитить работу для получения степени приват-доцента. Он поступил преподавателем в Шарлоттенбургское техническое училище, которое впоследствии было переименовано в Политехнический Институт. Лаборатория Байера в училище была небольшая, с скромной обстановкой. Постепенно стали появляться, однако, ученики, желавшие под руководством Байера разрабатывать докторские темы. Здесь Гребе, ассистент Байера, и Либерман, ученик Байера, потом профессор политехникума в Шарлоттенбурге, впервые получили из антрацена искусственный ализарин. Вскоре это знаменитое изобретение было патентовано, и с тех пор искусственные

красящие вещества стали размножаться, как грибы после дождя.

В 1872 г. Байер был приглашен в Страсбург, а три года спустя он получил приглашение в Мюнхенский университет на кафедру Либиха, которую Байер занимал до своей смерти, последовавшей в 1917 г.

Здесь Байер в 1878 г. получил изатин, а из него — искусственное индиго. К сожалению, рамки этих лекций не позволяют нам представить научные заслуги этого исследователя во всем их объеме. Достаточно здесь отметить, что в мюнхенской лаборатории под руководством Байера воспиталось целое поколение органиков, что все они здесь проникались духом научного исследования, который затем переносили в промышленность. Не подлежит сомнению, что высокий научный уровень, на котором находится химическая промышленность в Германии и благодаря которому она занимает в этой области первое место, следует приписать в значительной мере влиянию Байеровской школы. В ней увидели свет божий сотни исследований из области органической химии, сделанные отчасти самим Байером, отчасти же его учениками под его наблюдением и руководством. Следует отметить, что еще до конца жизни Байер, несмотря на свой преклонный возраст, работал с таким же неутомимым рвением, как и раньше.

В то время, когда Байер был еще в Страсбурге, к нему явился один из тех учеников, которые умеют не только применять то, чему научились от учителя, но обладают также даром открывать новые пути исследования. В рассматриваемом случае пути привели к специальной области химии, именно, к физиологической химии.

Таким учеником был Эмиль Фишер, родившийся в 1852 году в Эйскирхене, в Рейнской провинции. Фишер изучал химию сперва в Бонне, а затем в Страсбурге под руководством Байера. Здесь он получил в 1874 г. степень доктора. Когда Байер перешел в Мюнхенский университет, он предложил Фишеру должность ассистента. В 1882 году Фишер получил профессуру в Эрлангене, затем в Вюрцбурге, и, наконец, в 1892 г. был приглашен в Берлин на кафедру

органической химии, которую он занимал до самой смерти; вместе с тем Фишер состоял директором первой химической лаборатории университета. Труды **Фишера** были в 1902 г. удостоены Нобелевской премии.

Как мы знаем, исследования Байера произвели переворот в химической технике; Фишер же ввел гениальные методы синтеза непосредственно в физиологию, проникая до самого корня загадки жизни. Общее утверждение, что все жизненные процессы основываются на химических явлениях, что химические реакции в организмах не только сходны, но и тождественны с реакциями, которые мы производим в пробирках и в ретортах, высказывалось уже давно и очень часто. Но опытного доказательства этих идей пришлось дожидаться довольно долго. И не без некоторого основания стали высказываться с разных сторон сомнения, возможно ли будет когда-либо этим путем, т.-е. методами чистой химии, решить вопрос о жизни и смерти.

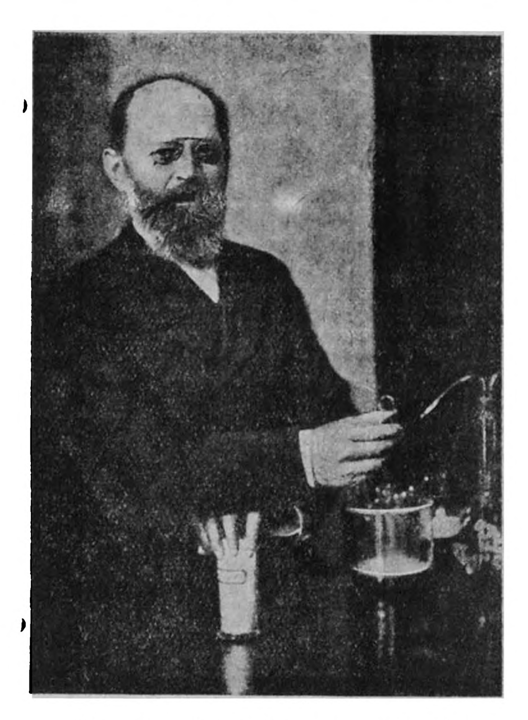


Рис. 51. Эмиль Фишер (1852—1919).

Огромное значение неутомимых исследований Фишера и его учеников и состоит именно в том, что они положили начало весьма успешному систематическому изучению важнейших классов веществ, играющих первостепенную роль в жизни организмов.

Первые из этих исследований касались различных видов сахаров. Благодаря усовершенствованию методов синтеза и открытию новых реагентов для очищения и отличия продуктов синтеза, Фишеру удалось достигнуть намеченной им

цели, — построить все виды естественных и искусственных сахаров, принимая за исходную точку простейшие из них: гликоль и глицерин. Затем Фишер указал для всех видов этого класса тел точные структурные формулы, и ввел таким образом эти важные физиологические продукты в здание органической химии в качестве равноправных граждан.

Когда же этот вопрос можно было счесть исчерпанным, Фишер обратился к другому классу тел, — к производным мочевой кислоты, имеющей, как известно, важное значение в физиологии выделения мочи. Еще Либих и Вёлер занимались химическим исследованием этого вещества. Байер посвятил ему целый ряд работ. Однако, только Фишеру удалось доказать, что во всех телах, принадлежащих к этому семейству, имеется общее ядро, которое Фишер назвал пурином. Синтез мочевой кислоты и установление ее отношения к другим продуктам того же семейства неопровержимо доказали формулу строения пурина, равно как и всех его производных.

Теперь Фишер приступил к самым трудным, но и самым основным вопросам физиологической химии, — к исследованию белковых тел, этих основных составных частей живой протоплазмы, так сказать, кирпичиков, из которых построена живая клетка.

В 1906 году этот гениальный экспериментатор изложил главные результаты своих плодотворных исследований в весьма интересной лекции, прочитанной им в „Немецком Химическом Обществе". Окончательную цель, — искусственное получение белковых веществ, — Фишер не считал пока достигнутой даже в отношении к простейшим представителям этого класса. Однако, по мнению Фишера, мы вправе питать надежду, „что вскоре удастся выделить в чистом состоянии и даже получить искусственно важнейшие составные части естественных пептонов и альбумоз".

До настоящего времени уже достигнуты довольно существенные результаты, а именно, изучены и подробно охарактеризованы те тела, на которые белки распадаются под влиянием различных реагентов; затем доказано, что мы можем различными способами соединять между собой эти продукты разложения белков, и, наконец, что мы можем написать схемы строения полученных таким образом соединений.

Правда, многие непосвященные, которые обыкновенно оценивают лишь внешнюю сторону столь сложного механизма, каким являются химические исследования, ожидали в данном случае открытия какого-то универсального метода, который позволял бы искусственно получать простыми способами самые сложные белки. Но подобное желание неисполнимо, так как, насколько известно, в этих белковых телах, или протеинах, природа достигла вершины естественного синтеза; предположение, что в этом классе мы имеем дело лишь с немногими основными типами, противоречит всем данным органической химии, равно как и биологии.

Но если даже мы предположим на минуту, что эта мечта могла бы осуществиться, необходимо все-таки признать, что осуществление ее не доставило бы нам того удовлетворения, какого многие ожидают. Фишер вполне справедливо говорит об этом так:

„Такой синтез я сравнил бы с путешественником, который, промчавшись курьерским поездом по незнакомой стране, немного лишь может сказать про нее. В совершенно другом положении находится синтез, когда он принужден двигаться вперед шаг за шагом, медленно и постепенно строя частицу белка. Тогда он подобен страннику, который самостоятельно, шаг за шагом, ищет путь с напряженным вниманием, и должен испробовать много путей, пока найдет правильный. Он в продолжительном и трудном путешествии изучит не только географию и топографию страны, но и познакомится подробно с культурой ее жителей. Когда же путник, наконец, достигнет своей цели, то сумеет ориентироваться в каждом уголке страны; когда он напишет о ней книгу, то и другие сумеют разобраться в этой области“.

Эмиль Фишер умер в Берлине в 1919 г.

Следует отметить, что в развитии физиологической химии, в особенности в области приложения методов органической химии к решению вопросов физиологии, весьма видное место принадлежит польскому ученому Маркеллу Ненцкому.

Ненцкий родился в 1847 году в Бочках, в родовом имении, расположенном в Серадзком уезде; он окончил Петроковскую гимназию в исторический 1863 г. События этого года заста-

вили его покинуть отечество, куда уже ему не суждено было вернуться. Он поступил в Краковский университет, затем перевелся в Иену, и, наконец, в Берлин. Первоначально Ненцкий изучал филологию и философию, затем медицину и лишь потом взялся за химию. Это было в то самое время, когда Адольф Байер начал свои синтетические исследования, и под его руководством Ненцкий познакомился с методами органической химии.



Рис. 52. Маркелл Ненцкий (1847 - 1901).

Органическая химия в искусных руках Ненцкого оказалась весьма могущественным средством для физиологических исследований, целью которых было выяснить те химические явления, которые происходят беспрерывно в животных организмах и в своей совокупности составляют то, что мы называем жизнью. Уже в своих первых работах молодой ученый старается проникнуть в эти загадки; его занимают вопросы об образовании мочевины и окислении ароматических соединений в животных организмах. Работа, посвященная второму из этих вопросов, была издана в 1870 г. и представляла вместе с тем диссертацию, за которую Ненцкий получил степень доктора в Берлинском университете. Вскоре после этого Ненцкий был приглашен в качестве ассистента по кафедре анатомии в Бернский университет.

Здесь он оставался до 1891 г., быстро переходя через ступени ученой карьеры от ассистента до ординарного профессора (в 1877 г.).

Работы, опубликованные Ненцким в этот период, свидетельствуют о его чрезвычайно многостороннем уме: они касаются самых разнообразных вопросов, чисто химических и физиологических, теоретических и практических, интересных для врача и фармаколога.

Посреди этих исследований Ненцкий наткнулся на химические явления, происходящие в присутствии бактерий. Благодаря счастливой случайности, он в этой новой для себя области нашел достойную сотрудницу в лице госпожи Н. Зибер. Она с истинно женским самоотвержением погрузилась в эти кропотливые и трудные исследования; она же впоследствии вместе с Дзержговским и Вавжинкевичем была сотрудницей Ненцкого в исследованиях относительно этиологии дифтерита, холеры и других болезней и оставалась на своем посту до самой смерти профессора.

Эти работы доставили Ненцкому громкое имя в ученом мире. В 1892 году, когда в Петербурге под покровительством принца Ольденбургского был основан знаменитый Институт Экспериментальной Медицины, Ненцкий получил почетное приглашение в качестве руководителя химического отделения. Этот институт был оборудован по последнему слову науки и техники, и с ним, конечно, не могла сравняться Бернская лаборатория с ее убогой обстановкой. Это, главным образом, и побудило Ненцкого принять предложение и обменять прекрасную Швейцарию на пасмурный Петербург.

Ненцкий и Зибер давно уже работали над исследованием состава крови. В Петербурге они эти исследования повели в еще большем масштабе. Они открыли гемин, установили его формулу и исследовали подробно продукты превращения этого тела: гематин и гематопорфирин.

Почти одновременно другой польский ученый, Мархлевский, ныне профессор Краковского университета, произвел в отдаленном Манчестере ряд весьма ценных исследований о хлорофилле, зеленом красящем веществе растений. Исследуя хлорофилл, Мархлевский совместно с Шунк добыл из него тело, по своим свойствам совершенно сходное с гематопорфирином и первый смело высказал предположение,

что оба эти тела, столь родственные между собою, должны быть одинакового происхождения. Так оно и оказалось в действительности.

Ненцкий и Мархлевский сносились между собою, работая сообща над этим вопросом, и в результате они получили из красящего вещества растений тот самый продукт, который давно уже был добыт из крови.

Это исследование, представленное в июне 1901 г. Академии Наук в Кракове, было последней работой Ненцкого. В том же году знаменитый химик скончался.

Это была потеря как для европейской науки, так и в особенности для польской, так как Ненцкий воспитал многих польских химиков, занимающих теперь видное положение в промышленности и науке. В лаборатории этого ученого и мыслителя всегда работало много его соотечественников. Ненцкий умел внушать своим ученикам любовь к научной работе, интерес к научным вопросам и умение выбирать и применять методы для их решения, — те самые качества, которыми он в высокой степени отличался сам.

Бернский университет, в котором Ненцкий впервые выступил на поприще науки, еще и по другой причине стал центром польской научной мысли. В 1890 г. на кафедру органической химии этого университета был приглашен Станислав Костанецкий. Ему химия обязана подробным изучением желтых красящих веществ, распространенных в растениях, в особенности же бразилина и гематоксилина. Костанецкий рядом интересных исследований доказал существование нового красящего радикала — флавона; при помощи новых аналитических и синтетических реакций он открыл связь между этими окрашивающими веществами и телами, строение которых было известно, и выяснил строение многих таких веществ.

В 1910 г. Костанецкий был приглашен в Краковский университет на кафедру органической химии. Увлекаемый горячей любовью к родине, Костанецкий с радостью принял это предложение. Но смерть уже подстерегала этого замечательного синтетика. По дороге он заболел и скончался.

ИСТОЧНИКИ.

J. Natanson. Wykład chemii organicznej podług systemu unitarnego. Część I. Warszawa, 1866.

A. v. Baeyer. Gesammelte Werke. Braunschweig, 1905.

Emil Fischer. Untersuchungen über Aminosäuren, Polypeptide und Proteine. Ber. deutsch. chem. Ges. B. 39 (1906).

Emil Fischer. Synthesen in der Zuckergruppe. Ber. deutsch. chem. Ges. B. 23 (1890); B. 27 (1894).

Emil Fischer. Synthesen in der Puringruppe. Ber. deutsch. chem. Ges. B. 32 (1899).

Lippmann. Geschichte des Zuckers. Leipzig, 1890.

Marceli Nencki. Opera omnia, изданные Н. Зибер и И. Залесским. Braunschweig, 1905.

J. Boguski. M. Nencki. Wszechświat, т. 16 (1897).

W. Leppert. M. Nencki. Nekrolog Chemik Polski, т. 1 (1901).

L. Marchlewski. Teorye i metody badania współczesnej chemii organicznej. Lwów, 1905.

L. Marchlewski. Z postępów badań nad barwnikiem krwi i chlorofilem. Chemik Polski. т. 5 (1905).

St. Kostanecki. Les synthèses dans les groupes de la flavone et de la chromone (1903).

St. Kostanecki. O budowie brazyliny i hematoksyliny. Chemik Polski. т. 4 (1904).

C. Graebe. Geschichte der organischen Chemie, 1920.

Edl. Hjelt. Geschichte der organischen Chimie, 1916.

Ладенбург. История развития химии, 1917.

Emil Fischer. Aus meinem Leben. 1922.

Kurt Hoesch. Emil Fischer. Sein Leben u. sein Werk. 1921.

ЛЕКЦИЯ IX.

Вант-Гофф и Оствальд — реформаторы современной химии.

Отношение физики к химии. — Вант-Гофф. — Углеродный тетраэдр. — Дальнейшая судьба стереохимии. — Исследования в области химической динамики. — Осмотическое давление и теория растворов. — Приглашение Вант-Гоффа в Берлин. — Стассфуртские копи. — Молодость Оствальда. — Заслуги перед Рижским Политехническим Институтом. — Сродство. — Крепость кислот. — Углекислый свинец и уксусная кислота. — Исследование химического сродства кислот. — Значение работ Оствальда. — Сванте Аррениус и учение об электропроводности растворов солей. — Сближение Оствальда с Аррениусом. — 1887 год. — Гипотеза ионов. — Возражения против нее и их опровержение. — Электрохимические работы Оствальда и его учеников. Личность Оствальда. — Вторая химическая лаборатория и новый институт физической химии в Лейпциге. — Каталитические работы. — Заслуги в систематике. — Учебники и „Школа химии“. — Натурфилософия. — Отставка. — Муассан. — Карбиды. — Искусственное получение алмазов.

На ряду с органической химией, с теоретическими и практическими приобретениями которой мы познакомились в предыдущей лекции, в последние десятилетия развилась новая отрасль химии, — физическая или общая химия. В виду ее философского значения и опытных результатов, она в последнее время выдвинулась на первый план.

Однако, прежде чем я позволю себе занять Ваше внимание историей развития физической химии, я должен сделать одно замечание. Я выше назвал физическую химию **новым** отделом химии. Мне могут не без основания возразить словами известного изречения: „ничего нет нового под луной“. Действительно, история химии на каждом шагу убеждает нас, что множество основных идей повторяется многократно в течение развития науки. Мы видели это на многочисленных примерах: таковы понятия об элементе и представления об атомах и молекулах. То же самое можно сказать о прин-

ципах сохранения вещества и сохранения работы. Самые основные понятия и представления современной науки в виде зародышей существовали еще в древности.

Точно так же и физическая химия в действительности не так нова, как иногда предполагают. В начальный период развития точных наук мы не встречаем существенной разницы между физикой и химией. Химики пневматического

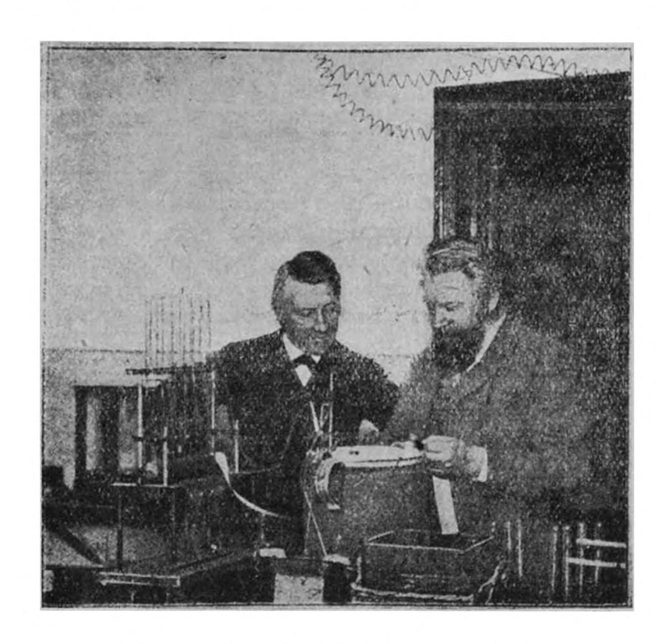


Рис. 53. Вант-Гофф и Оствальд (1900).

периода—Бойль, Ломоносов [1]), Кэвендиш, Блэк—были в одинаковой степени физиками и химиками. Физико-химиками были также и великие химики начала прошлого века: Гэ-Люссак, Дэви, Фарадэй и др. К физико-химикам следует причислить и значительное количество электрохимиков. Еще в учебниках химии первой четверти XIX столетия мы находим во главе химических элементов—теплород, светород и электрические жидкости, а знаменитый журнал Поггендорфа, равно как и французские „Annales“, одинаково охотно откры-

[1]) Интересно отметить, что Ломоносов уже в 50-х годах XVIII столетия читал курс „физической химии“.

вают свои столбцы обеим родственным областям науки. По мере развития аналитической химии, а еще более вследствие расцвета органической химии, на первый план выдвигаются вопросы классификации соединений, основанной на типах или структурных формулах. В виду этого общие физико-химические вопросы отступают на задний план, а с течением времени единственным физическим прибором в химической лаборатории остаются весы. Этот процесс дифференциации можно прекрасно наблюдать, сравнивая два органа: вышеупомянутый ежегодник Поггендорфа (впоследствии Видемана) с „Journal für praktische Chemie“. По мере того, как в первом „чистая“ физика получает все большее преобладание, томы второго все чаще заполняются работами из области органической химии.

Между тем физика подвигалась вперед гигантскими шагами. Открытие основных законов энергетики, вызвавшее в физике оживленное движение, не осталось без влияния и на химию. Все чаще ученые стараются применять новые результаты физики к решению химических вопросов; я назову здесь только Гельмгольтца, Горстманна, Гульдберга и Вааге, исследования которых направили науку на новый путь. Почти одновременно Бунзен возвышает свой предостерегающий голос:

— „Химик, который не есть также физик, есть ничто“

Однако, расцвет физической химии начался собственно лишь с 1880 года. Толчком послужили открытия Вант-Гоффа.

Яков Генрих Вант-Гофф родился в 1852 году в Роттердаме; отец его был врачом. Получив первоначальное образование в частном училище, Вант-Гофф поступил в „высшее городское училище“ Так называются в Голландии реальные училища, в которых классические языки заменены предметами, более нужными в реальной жизни. „Неправильное“ образование впоследствии не раз было помехой для нашего исследователя.

Окончив среднее учебное заведение, Вант-Гофф поступил в политехнический институт в Дельфте, трехлетний курс которого он окончил за два года со степенью технолога. Чувствуя влечение к теоретическим наукам, Вант-Гофф решил поступить в слушатели Лейденского университета. Здесь он

наткнулся на препятствия, так как не знал латинского и греческого языков; Вант-Гоффу удалось поступить в университет лишь по особому распоряжению министра. Таким образом, он лишился последней возможности испытать спасительное влияние классического образования.



Рис. 54. Яков Генрих Вант-Гофф (1852—1911).

Те годы были временем расцвета органической химии. Центром умственного движения в этой области был Боннский университет, в котором Кекуле, творец структурной химии, развивал свои гениальные идеи. Туда направился Вант-Гофф, желавший изучить у самого источника новые плодотворные теории и вытекающие из них методы исследования.

Семена богатой фантазии Кекуле нашли в уме Вант-Гоффа необыкновенно плодородную почву. Еще до напеча-

тания докторской работы, за которую Вант-Гофф впоследствии (в 1874 г.) получил степень доктора в Утрехте, — он положил основание знаменитой теории о пространственном расположении атомов. Эта теория составляет в известной степени венец всей структурной химии.

В предыдущей лекции я старался изобразить картину современных взглядов на расположение атомов в молекулах органических тел. Вследствие недостатка времени и скудости фактического материала, картина получилась не вполне ясная и отчетливая. Тем не менее, Вы могли убедиться, что, раз мы допускаем существование атомов, мы должны также задуматься над вопросом об их взаимном положении, т.-е. о „структуре“ молекулы тела. На первый взгляд вопрос о „расположении атомов“ кажется лишь игрой воображения. Действительно, создание структурных образов соединений требовало чрезвычайно богатой фантазии. Послушаем, как изображает этот процесс создания отец структурной химии Август Кекуле:

— „Во время пребывания в Лондоне я долгое время жил на Clapham-road, вблизи Коммона. Вечера я проводил обыкновенно в Islington, на противоположном конце громадного города, у моего друга Гуго Миллера. Здесь мы беседовали на разные темы, а чаще всего о нашей возлюбленной химии. В одно прекрасное воскресение я возвращался с последним омнибусом по улицам города, обыкновенно столь оживленным, а теперь совершенно пустынным. По обыкновению я сидел „outside“, т.-е. на крыше омнибуса. Я предался грезам. Перед моими глазами кружились атомы. Часто я рисовал себе в воображении движения этих маленьких существ, но до того времени никогда не удавалось мне проследить, какого рода были эти движения. Сегодня я видел ясно, как здесь и там два маленьких атома соединялись в пару, как большие атомы обнимали по два меньших, еще больше держали в объятиях по три или четыре, и как все это кружилось в вихревом танце. Я видел, как большие атомы образовывали ряды, на конце которых висели меньшие атомы. Словом, я видел то же, что так прекрасно изобразил мой почтенный учитель и друг Копп в своем „мире молекул“,

но я видел все это гораздо раньше, чем он. Голос кондуктора, выкрикивающего „Clapham-road“, разбудил меня посреди этих грез. Но придя домой, я просидел часть ночи, набрасывая эти картины в общих чертах. Так возникла структурная теория“.

Да, господа, структурная химия есть плод воображения, как всякое творение художника, как всякое гениальное открытие ученого. Но из этого продукта фантазии удалось вывести реальные заключения, и эти заключения удивительным образом отражают явления действительного мира.

Мы видели уже в предыдущей лекции, как точно согласуется число образов, соответствующих каждой химической

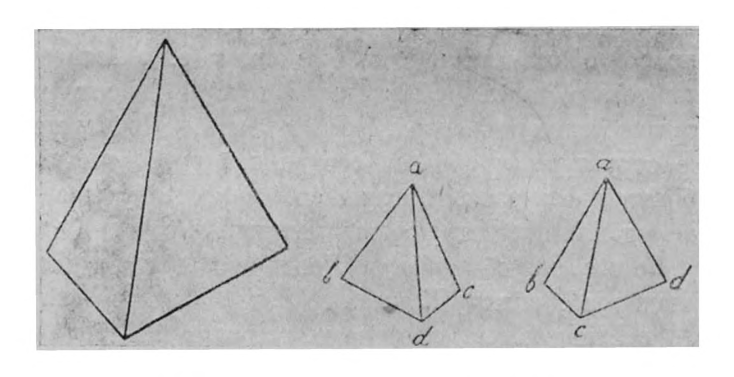


Рис. 55. Тетраэдр.

Рис. 56. Два симметричных тетраэдра.

формуле, с числом действительно известных соединений. Именно благодаря этому, структурные формулы, немалое число которых я выписал пред Вами в предыдущей лекции, представляют прекрасное средство для наглядного изображения многочисленности „изомеров“.

В один прекрасный день исследование открыло в царстве изомерии первые исключения из общего закона. Эти именно исключения дали Вант-Гоффу повод к гениальному углублению структурной химии.

То были пары соединений, одинаковых по химическому составу и даже по физическим свойствам, и лишь в одном отношении обнаруживавших удивительную противоположность: в действии поляризованного света. Если поляризованные лучи света, которые легко получить, пропуская обыкновен-

ный свет сквозь кварцевую пластинку, введем в раствор одного из двух рассматриваемых соединений, то можно заметить, что наша жидкость отклоняет плоскость поляризации. Если одно из наших двух соединений отклоняет плоскость поляризации на некоторое число градусов влево, то другое, как оказывается, отклоняет ее на такое же число градусов вправо. Представители каждой пары оптически деятельных тел находятся в таком отношении друг к другу, как предмет и его изображение в зеркале. Что для одного является правым, то для другого — левым. Поэтому принято такие вещества называть оптическими антиподами.

Вант-Гофф познакомился с этими антиподами в Париже, где он после получения докторской степени работал в лаборатории Вюрца, а также Пастёра. Основываясь на существовании оптических антиподов, двадцатилетний юноша создал гипотезу, которая вскоре принесла обильные плоды.

— „Если признать существование атомов, то, рассматривая их расположение, необходимо согласиться, что это есть расположение пространственное. Необходимо представлять себе атомы в виде пространственных [1]) тел, необходимо расположить их в пространстве, чтобы представить себе строение молекул. В качестве простейшего примера возьмем метан, — углеводорот, состоящий из одного атома углерода и четырех атомов водорода. Расположение этих атомов проще всего представить себе в виде четырехгранника, в середине которого поместим атом углерода, а в четырех вершинах — остальные атомы водорода".

Таково основное допущение, из которого вытекают дальнейшие следствия. Если четыре атома, связанные с атомом углерода, не будут одинаковы, как в метане, но различны, то мы получим два сходных, но не тождественных четырехгранника; они не могут быть совмещены. Такие два тетраэдра относятся между собой, как предмет и его зеркальное изображение.

Вант-Гоффу удалось доказать, что все известные тела, обладающие способносью отклонять плоскость поляризации вправо или влево, имеют, по крайней мере, один асиммет-

[1]) Т. е. трехмерных.

ричный атом углерода, т. е. атом, связанный с четырьмя различными атомами или различными группами атомов. С тех пор число вновь открываемых оптически деятельных тел возрастает чрезвычайно быстро. В 1894 г. двое исследователей, имена которых особенно тесно связаны с Рижской лабораторией, — Бишоф и Вальден, — опубликовали обширный том, посвященный стереохимии, т. е. науке о расположении атомов в пространстве. В этом труде собрано уже несколько сот оптически деятельных органических соединений, которые все без исключения подтверждают допущение Вант-Гоффа. Эти соединения играют в химии весьма важную роль: к ним, например, принадлежат важнейшие физиологические продукты, как сахары, белки, алкалоиды и др.

Можно было бы подумать, что плодотворная гипотеза о пространственной структуре молекул сейчас же снискала ее творцу всеобщее одобрение. В действительности же случилось обратное. Кольбе, профессор химии в Лейпцигском университете и редактор „Journal für praktische Chemie", высказал о гипотезе Вант-Гоффа следующее мнение:

„В недавно напечатанной статье я указал на отсутствие общего и основательного химического образования, как на причину упадка, наблюдаемого теперь в химических исследованиях в Германии. Этот недостаток, которым во вред науке страдает значительное число наших профессоров химии, вызывает размножение приверженцев натурфилософии, желающей казаться ученой и плодотворной, в действительности же тривиальной и бессмысленной. Побежденная пятьдесят лет тому назад духом точного исследования природы, натурфилософия в настоящее время снова выпущена псевдоестествоиспытателями из клетки, предназначенной для хранения отбросов человеческого ума. Нарядив эту кокотку в модные одежды и покрыв ее лицо белилами и румянами, они хотят провести ее в порядочное общество, в котором для нее нет места

Кому эти опасения покажутся преувеличенными, пусть прочтет (если может) недавно вышедшее фантастическое сочинение господ Вант-Гоффа и Германна о расположении атомов в пространстве. Я умолчал бы об этом труде, как о многих других ему подобных, если бы один выдающийся

химик [1]) не оказал этой затее своего покровительства, восхваляя ее, как научную работу.

Некоему доктору Вант-Гоффу, занимающему должность в Утрехтском ветеринарном училище, очевидно, не по вкусу точные химические исследования. Он счел более приятным сесть на Пегаса (вероятно взятого на прокат из ветеринарного училища) и поведал миру в своей „La chimie dans l'espace“ то, что он узрел с химического Парнасса, достигнутого им в смелом полете,—о расположении атомов в пространстве вселенной“.

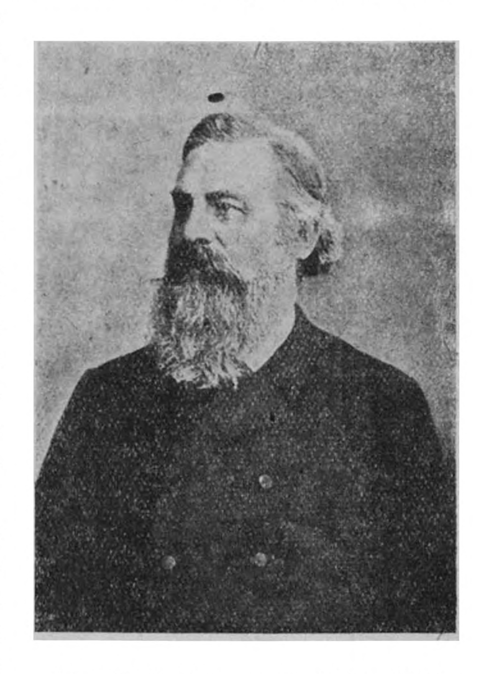


Рис. 57. И. Вислиценус (1835—1902).

Такого рода критика не могла возбудить в критикуемом охоты к дальнейшим изысканиям. Но, быть может, она оказала и благоприятное влияние, а именно, благодаря ей, может быть, Вант-Гофф оставил сферу атомистической гипотезы и перешел в область точных опытных исследований.

Вант-Гоффа особенно интересовали вопросы, касающиеся скорости химических реакций. Уже поверхностное наблюдение учит нас, что химические явления в большинстве случаев не происходят внезапно, моментально, но требуют времени. Поэтому мы можем говорить о скорости химических реакций в таком же смысле, в каком физика применяет это понятие к физическим явлениям, например, к движению или свету. Всем известные примеры свидетельствуют о важном значении понятия скорости реакций как в теории, так и в практике. Известно, что водород и кислород, нагретые до высокой температуры (около 650°), соединяются между собою, при чем происходит

[1]) Вислиценус, преемник Кольбе по Лейпцигской кафедре.

взрыв. Но те же газы могут соединяться и ниже температуры воспламенения. При температуре в 300° их соединение длится несколько месяцев. При обыкновенной же температуре эта реакция происходит столь медленно, что мы не в состоянии ее обнаружить. Ясно, что мы имеем полное право различать быстрые и медленные реакции, что можно установить весьма длинный ряд различных скоростей, начиная от мгновенного взрыва и кончая медленным окислением органических тел, которое может длиться целые годы и даже столетия.

Основной закон, определяющий зависимость между скоростью химических превращений и состоянием вещества, участвующего в этих превращениях, установлен двумя шведскими исследователями: Гульдбергом и Вааге. Этот закон, открытый ими еще в 1867 году, гласит: **скорость реакции прямо пропорциональна действующим массам**, т. е. концентрации взаимодействующих тел.

Вант-Гофф не знал об исследованиях Гульдберга и Вааге и самостоятельно открыл этот закон, доказал его общность и указал его отношение к атомистической гипотезе, равно как и к законам энергетики. В своем классическом труде „Études de dynamique chimique“ Вант-Гофф описал ряд весьма интересных и, можно сказать, артистически выполненных опытов и предложил гениальную по простоте теорию рассматриваемых явлений. Впервые этот труд появился в печати в 1884 г.

Всего через год мы видим Вант-Гоффа поглощенным вопросом из совершенно другой области физической химии, а именно, вопросом о растворах. Этот отдел науки был совершенно заброшен с того времени, как химия занялась исключительно изучением химических соединений. Так как растворы, в противоположность постоянным химическим соединениям, отличаются переменным составом, то химики в погоне за телами постоянного состава совершенно игнорировали растворы. Физики же не занимались этими системами, так как в большинстве случаев не представляли себе той глубокой пропасти, которая отделяет растворы от чистых тел т.-е. химических индивидов. Таким образом, эта обширная область была совершенно заброшена, пока, наконец, благодаря союзу физики с химией, исследователи не обратили

должного внимания на основные вопросы, касающиеся теории растворов.

Первый толчок в этом направлении дала ботаника. Ботаникам давно было известно, что в растительных клетках имеют место высокие давления, доходящие иногда до десятков атмосфер. Эти высокие давления сперва считались проявлением таинственных свойств живой клетки. Только Пфеффер (1877) разбил этот предрассудок, построив из глины искусственную клетку, которая обнаруживала такие же самые давления.

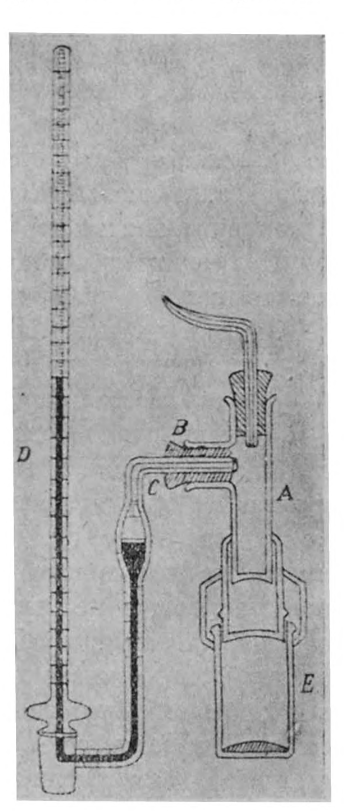


Рис. 58. Осмотическое давление.

Прибор, изображенный на рисунке 58, в принципе сходен с прибором Пфеффера. Он состоит из стеклянного цилиндра, нижнее отверстие которого закрыто пергаментной перепонкой. В верхнее отверстие цилиндра вставлена резиновая пробка, сквозь которую проходит стеклянная трубка. Этот цилиндр я наполняю раствором сахара, закрываю пробкою и вставляю в сосуд с водою. Посмотрим, что произойдет. Сквозь пергаментную перепонку чистая вода извне просачивается внутрь цилиндра. Эта вода смешивается с раствором сахара, а так как цилиндр закрыт пробкой, то вода поднимается в трубке, что мы можем наблюдать непосредственно. Таким образом возникает разность давлений, которая измеряется высотою водяного столба в трубке. Чтобы легче было следить за уровнем воды в трубке, я прилил к раствору в трубке несколько капель окрашенной жидкости (раствора иода в бензоле). Теперь я отмечаю высоту жидкости в трубке посредством черточки на листе бумаги, прикрепленном к трубке; по этой черточке можно видеть, насколько повышается уровень воды в трубке.

Является вопрос, почему раствор под влиянием давления не просачивается сквозь пергамент наружу. Оказывается, что эта перепонка, легко пропускающая воду, не пропускает растворенного в ней сахара. Благодаря именно этому свойству перепонки в клетке Пфеффера, мы имеем возможность обнаружить давления, существующие в растворах. Это давление, производимое растворами на всякую полупроницаемую оболочку, получило название осмотического давления. Пфеффер измерил это давление в целом ряде растворов посредством более точного прибора, состоявшего из глиняного, соответственным образом приспособленного цилиндра, и исследовал зависимость давления от температуры и концентрации раствора.

Полученные им результаты вначале интересовали исключительно ботаников; Вант-Гофф впервые узнал об этих результатах на прогулке, из беседы с известным ботаником Де-Фризом, и сразу почувствовал, что в этих простых фактах скрывается зародыш общей теории растворов.

Давление растворов, обнаруживающееся в явлении осмоса, сходно с давлением газов. Разница состоит лишь в том, что газ производит давление на всякие стенки. Но аналогия между давлением газа и давлением раствора распространяется на мельчайшие подробности. Действительно, числа, представляющие величину осмотического давления раствора, с одной стороны, и обыкновенного давления газа, с другой, оказываются одинаковыми, если обе системы находятся в одинаковых условиях. Точно также и количественные законы, выражающие зависимость обоих давлений от пространства, занимаемого раствором или газом, от температуры, наконец, от природы растворенного тела или газа, вполне тождественны. Одним словом, мы можем утверждать, что состояние тел, в растворе вполне сходно с состоянием тех же тел в газообразном виде. По истине в истории развития науки редко встречается такое совпадение двух вполне различных областей явлений, как эта аналогия между растворами и газами.

Когда у Вант-Гоффа возникла мысль об этой аналогии, в его распоряжении был весьма скудный и не особенно точный материал, который исчерпывался измерениями Пфеффера. Требовалось много смелости, чтобы на этом шатком

основании воздвигнуть теорию столь огромной важности. Однако, все более точные измерения, произведенные впоследствии, вполне подтвердили правильность теории Вант-Гоффа. Более того, следствия, вытекающие из аналогии растворов и газов, оправдались на опыте во всевозможных случаях, относящихся к самым разнообразным областям физики и химии. При помощи новой теории удалось не только объяснить много свойств растворов, но и определить количественно величины, которыми характеризуются важнейшие из этих свойств, как упругость пара, температура кипения и замерзания и т. д. Во всех этих случаях результаты измерений вполне совпадали с теорией.

Лишь одна категория тел упорно не поддавалась теории Вант-Гоффа. Это были растворы обыкновенных солей, а также кислот и оснований. Свойства этих растворов во всех отношениях противоречили требованиям теории. Эти же самые тела отличаются способностью проводить электрический ток; под влиянием электрического тока эти тела разлагаются, и в виду этого еще Фарадэй назвал их электролитами. Эти электролиты вносили неприятный диссонанс в прекрасную гармонию теории растворов.

Между тем успело выясниться также значение первых работ Вант-Гоффа. В исследованиях П. И. Вальдена, а также в синтезах сахаров Эмилия Фишера допущению тетраэдрической формы углеродного атома пришлось подвергнуться всестороннему испытанию. Это испытание сошло для гипотезы весьма благополучно: скептицизм отступил на задний план и сменился общим признанием первостепенных заслуг автора. С 1878 года по 1894-ый Вант-Гофф занимал кафедру химии в Амстердамском университете. В 1894 г. Вант-Гофф получил приглашение в Берлинскую Академию Наук на специально для него созданную должность в Академии Наук. Здесь Вант-Гофф, свободный от лекций и многочисленных экзаменов, которые для профессора не менее утомительны, чем для студентов, мог всецело отдаться научным исследованиям. Он поставил себе столь же трудную, сколь и важную задачу: исследование происхождения соляных залежей в Стассфурте. Этот сложный вопрос удалось до некоторой степени решить благодаря тщательным опытам Вант-Гоффа и его учеников, способствовавшим раскрытию

условий равновесия различных солей в насыщенных растворах. Хотя вопрос и до настоящего времени не может еще считаться вполне исчерпанным, но и то, что уже сделано, показало, что физическая химия может быть применена с большим успехом для решения геологических вопросов.

Научные заслуги Вант-Гоффа были увенчаны Нобелевской премией. Весною 1911 года он скончался от болезни легких, всего 59-ти лет от роду.

При знакомстве с работами этого исследователя обращают на себя внимание два обстоятельства: многосторонность разработанных вопросов и быстрота, с какой они были решены. Эти два признака характерны для первого периода развития всякой отрасли науки. В такой первоначальной стадии находилась физическая химия в предпоследнее десятилетие прошлого века. Однако, даже принимая во внимание это обстоятельство, нельзя не заметить, что признание теорий Вант-Гоффа и их, так сказать, канонизирование совершилось весьма быстро, чего нельзя сказать об открытиях, сделанных другими корифеями точных наук. Причина этого факта заключается в том, что почти одновременно с Вант-Гоффом выступил другой ученый, который способствовал развитию химии не только своими собственными исследованиями, но сумел также объединить исследования других в одно целое, выдвигая чужие заслуги с беспристрастием, редким в истории науки. Этот ученый родился в Риге; там он написал свои важнейшие труды, и в Рижском Политехническом Институте состоял в течение длинного ряда лет профессором и руководителем лаборатории.

Вильгельм Оствальд родился в Риге в 1853 году. Отец его Готфрид Вильгельм был бондарем. Впоследствии он сделался председателем цеха, а затем интендантом кладбища.

Оствальд получил первоначальное образование в училище известного в те времена г. Фромма и затем поступил в реальную гимназию. Профессор Вальден, издавший интересную биографию Оствальда по случаю 25-летия его научной деятельности, говорит, что Оствальд не был примерным учеником. Действительно, хотя эта гимназия, в курс которой входило также немного латыни, состояла всего из 5 классов, Ост-

вальду пришлось пробыть в ней семь лет. Более чем латынь и другие обязательные предметы его занимало пиротехническое искусство. Вскоре изготовление фейерверков стало производиться в большом масштабе. За этим последовала эра химических опытов в кухне матери. Нетрудно представить себе, что кухонная посуда при этих опытах получала самые неожиданные применения. О разных неприятностях, вызванных этим двояким функционированием кухни, я лучше умолчу. Помимо этих упражнений, юный Оствальд не был врагом и некоторых других развлечений: известная гостиница „Город Варшава", усердно посещаемая гимназистами, могла бы рассказать нам, с какой страстью будущий реформатор химии предавался биллиардной игре.



Рис. 59. Вильгельм Оствальд (р. 1853).

Наконец, в 1871 г. Оствальд выдержал выпускной экзамен с недурными отметками. Только по русскому языку ему пришлось держать „переэкзаменовку". Затем наступили раздольные студенческие годы. Оствальд поступил в Дерптский университет с намерением изучать химию. Условия жизни были тогда патриархальными. Железная дорога, ведущая теперь из Риги в Псков, тогда еще не была проведена. Студенты должны были 250-верстный путь из Риги в Юрьев совершать на почтовых лошадях. Веселая жизнь немецких буршей тогда еще была в полном расцвете; она поглотила на некоторое время и Оствальда, который вступил в известную корпорацию „Rigensis". Впо-

следствии Оствальд высказывался, что влияние этой корпорации он вообще считал для себя благодетельным, так как, устрашенный печальными примерами, он совершенно перестал употреблять спиртные напитки. Впрочем, корпорация отнимала у него немало времени. Лекции в общем — по собственному признанию Оствальда — действовали на него усыпляющим образом; он посещал только лекции Карла Шмидта. Больший интерес представляли для него практические занятия в лаборатории, которые превосходно вел минералог Лемберг.

Беззаботной и праздной жизни скоро должен был наступить конец. Упреки отца заставили Вильгельма засесть за работу. В короткое время он наверстал потерянные годы и уже в 1875 г. выдержал экзамен на степень кандидата химии.

Случайно к этому времени освободилась должность ассистента при физическом кабинете. Профессор физики Эттинген предложил эту должность Оствальду, и таким образом этот последний начал свою академическую карьеру. Только теперь молодой орел распустил свои крылья. Должность ассистента не требовала слишком большой обязательной работы, и молодой ученый мог всецело отдаваться научной работе. Его опыты были посвящены вопросу, которому суждено было разростись в целую науку. То был вопрос о химическом сродстве. При выборе вопросов и методов для их решения Оствальд подчинялся влиянию своих учителей. Прежде всего следует отметить профессора Лемберга, минералога и оригинала, над которым смеялись за его манеры, не отдавая должного его научным заслугам. Влияние Лемберга сказалось в выборе вопросов, а профессор Эттинген, с которым Оствальд был в близких отношениях, помогал ему при выборе методов. Третьим лицом, влияние которого сказалось в характере первых работ Оствальда, был упомянутый выше Карл Шмидт, известный гидролог и химик-физиолог (студенты называли его „водяным“ Шмидтом). Впоследствии Оствальд стал его ассистентом.

Оствальд прилежно работал и быстро взбирался по ступеням академической лестницы. В 1878 году он получил степень мигистра, а год спустя — доктора химии. Но материальное положение Оствальда все же оставляло желать многого. Когда он в 1880 году женился на девице Рейер,

то молодым супругам пришлось во многом себе отказывать. Оствальд все еще был лишь ассистентом и получал 500 руб. жалования в год, а на такую сумму трудно было прожить даже в те времена. Под влиянием материальных забот он уже серьезно подумывал заняться техникой, как вдруг на выручку пришло приглашение на кафедру химии в Рижский политехникум; этим приглашением Оствальд был обязан покровительству Карла Шмидта.

В то время преподавание химии в Рижском Институте находилось на довольно низком уровне. Как и большинство прочих дисциплин, химия преподавалась по методу, приличному для среднего учебного заведения, но совершенно не соответствующему достоинству и задачам высшего учебного заведения. Теория была направлена исключительно к тому, чтобы дать студенту возможно большее число фактов и формул; для практических занятий служил погреб, а единственным украшением этой примитивной химической лаборатории был типичный старый служитель, называвший себя „материалистом“

В шутку спрошенный студентами, какого он мнения о новом профессоре, служитель серьезно ответил:

— „Мне кажется, что это довольно образованный человек“. Старичек не ошибся!

Оствальд организовал практические занятия, расширил лабораторию и, что еще более важно, впервые обратил внимание на подготовку слушателей к самостоятельному решению научных вопросов. С этой целью он ввел „дипломные работы“, исполнение которых до настоящего времени требуется для получения диплома инженера. Таким образом, Рижский Политехнический Институт весьма многим обязан Оствальду, разбудившему в нем научный дух, — тот дух, который отличает высшее учебное заведение от среднего. В своей неустанной творческой научной работе Оствальд служил живым примером как для товарищей, так и для студентов. Рассмотрим ближе результаты этой работы.

Опытные исследования Оствальда имели целью прежде всего выяснение старинного вопроса о химическом сродстве. Что собственно выражает это понятие, которое, подобно зародышам стольких других основных научных понятий, мы находим еще в греческой философии, в учениях Эмпедокла и Гиппократа? У греческих фило-

софов мы впервые встречаем утверждение, что тела, химически соединяющиеся между собою, должны быть сродны между собою, т.-е. должны быть более или менее сходны. Однако, подробное изучение химических явлений привело к противоположному заключению. Крайности сходятся! Нигде эта поговорка не подтверждается столь часто, как в области химических соединений. Чем менее два элемента похожи друг на друга, чем более они противоположны по своим физическим и химическим свойствам, тем сильнее они стремятся соединиться. Наименее сходные тела сильнее всего связаны между собою. Однако, несмотря на открытие этой истины, выражение „химическое сродство" не вышло из употребления. Но значение этого понятия изменилось: вместо сходства двух тел оно теперь выражает стремление к соединению, или, так сказать, крепость узла, связывающего составные части соединения в одно тело.

Уже давно, со времени чрезвычайно интересных исследований Бергманна (1735 — 1784) и Бертолле (1748 — 1822), химики стремились определить сродство качественно; они старались даже расположить различные элементы в ряды, соответствующие постепенному возростанию сродства.

Так, например, когда водород соединяется с хлором, образуется хлористоводсродный газ, раствор которого в воде известен под названием соляной кислоты. Если медную пластинку погрузим в соляную кислоту, то медь будет соединяться с хлором, освобождая водород. Следовательно, медь вытесняет водород из его соединения с хлором. Таков непосредственный результат опыта.

Введя понятие химического сродства, мы можем формулировать указанный факт следующим образом:

— Медь имеет бо́льшее сродство к хлору, чем водород.

Подобно тому, как медь вытесняет водород из соляной кислоты, точно так железо вытесняет медь из соединения меди с хлором; железо, в свою очередь, вытесняется алюминием, а этот последний уступает место калию или натрию.

Основываясь на этих и других подобных фактах, мы можем составить таблицу элементов, в которой порядок элементов будет соответствовать степени их сродства к хлору, или к кислороду, или же к какому-нибудь другому реагенту. Подобные таблицы химического сродства не новы. Они

были известны еще в XVIII столетии. Впервые такую таблицу составил Geoffroy в 1718 г. [1]). Но еще до конца этого века ученые должны были убедиться, что вопрос о химическом сродстве гораздо сложнее, чем могло казаться на основании первых наблюдений.

Между прочим, было установлено, что конечный результат борьбы между несколькими телами за преобладание в реакции зависит не только от величины сродства тел, но также и от условий превращения, т.-е. от физических свойств системы и ее составных частей; например, результат в значительной степени зависит от аггрегатного состояния тел. В этом отношении особенное значение имеет масса действующих тел. Это обнаруживается на следующем примере. Мы видели выше, что медь вытесняет водород из соединения его с хлором. Однако, если мы увеличим „действующую массу“ водорода, — этого можно достигнуть, подвергая газ высокому давлению, — то мы можем получить совершенно противоположный результат: сжатый водород вытеснит медь из ее соединения с хлором. Следовательно, действие меди на хлористый водород обратимо; оно происходит как в одном направлении, так и в противоположном:

медь + хлористый водород → хлористая медь + водород,

и обратно,

хлористая медь + водород → медь + хлористый водород.

Подобные случаи встречаются очень часто как в органической химии, так и в неорганической. Выдающуюся роль в развитии понятия сродства сыграло взаимодействие кислот с основаниями. Припомним, что кислоты очень охотно соединяются с основаниями, и продуктами этих соединений являются соли. Так, угольная кислота соединяется с окисью свинца по уравнению:

угольная кислота + окись свинца = углекислый свинец.

Если на эту соль, находящуюся в склянке, я буду действовать более крепкой кислотой, например, уксус-

[1]) Эта таблица представлена в символах флогистонной теории на рис. 17 (стр. 65).

ной, то эта кислота вытеснит более слабую углекислоту по уравнению:

углекислый свинец + уксусная кислота
уксуснокислый свинец + угольная кислота.

Углекислота есть газ. Поэтому при реакции она выделяется в виде пузырьков; это — всем знакомые пузырьки, которые с шипением выделяются из содовой воды или шампанского. Легко убедиться, что и указанное выше превращение обладает обратимостью. Действительно, если растворить уксуснокислый свинец в большом количестве воды и в раствор впустить углекислоту, произойдет обратная реакция:

уксуснокислый свинец + угольная кислота =
углекислый свинец + уксусная кислота.

Углекислый свинец не растворяется в воде; поэтому первоначально прозрачный раствор становится мутным и выделяет белый порошок, который спустя некоторое время оседает на дно склянки.

Опыт показывает, что в подобных условиях могут происходить обе реакции, и что в результате этих двух противоположных процессов устанавливается некоторое *состояние равновесия*. Это состояние равновесия зависит от *массы* всех четырех тел, участвующих в реакции. Как только мы увеличим массу одного из них в растворе, состояние равновесия сейчас же переместится в том или другом направлении.

Оствальд поставил себе задачей изучить состояния равновесия, которые возникают при распределении одного основания между двумя кислотами, обладающими неодинаковой степенью сродства к этому основанию, или при распределении одной кислоты между двумя основаниями. Эти исследования были начаты еще в Дерпте и продолжались с необыкновенной тщательностью в Риге; благодаря этим исследованиям стало возможным выражать степень сродства *числом*; количественные определения химического сродства основываются на измерении состояния равновесия в различных реакциях. Таким образом, понятие химического сродства сделалось вполне точным и доступным количественному измерению.

Следует, однако, отметить, что в количественном определении химических сродств, Оствальд имел предшественника

в лице Юлиуса Томсена. Но метод, применявшийся Томсеном, требует более сложных приемов (термохимических), и дает не очень точные результаты, тогда как методы Оствальда соединяют легкость исполнения с значительной точностью, — качества, особенно ценные в точных науках.

Я рассказал Вам подробнее о первых научных работах Оствальда, так как еще и в настоящее время они мало известны даже среди специалистов. Это обычная судьба многих основных работ, открывающих новые области фактов: пока еще не создана новая теория, эти работы не обращают на себя надлежащего внимания, а после того, как теория их использует, они исчезают в ее тени. Они похожи на фундамент великолепного здания: прохожий идет мимо него, обращая внимание на башни и наружные украшения; более любознательный заглянет и внутрь, фундамент же остается скрытым от человеческих глаз. Лишь спустя десятки лет, когда здание должно перестраиваться, добираются до фундамента, и только тогда видят скрытые в нем сокровища труда и таланта.

То же и в данном случае. Значение работ Оствальда о сродстве кислот, первоначально не оцененное ученым миром, выяснилось благодаря гениальной гипотезе Аррениуса. В свете этой последней сложные случаи равновесия стали самоочевидными, эмпирически открытые законы оказались простыми следствиями общих положений. Что же удивительного в том, что после развития гипотезы были забыты ее опытные основы? Сам Оствальд тоже не возвращался более к прежним исследованиям. Однако, можно предсказать, что наука еще к ним вернется, и эти основные вопросы со временем опять сделаются очередными. Тогда в полузабытых первых работах Оствальда найдется не одна жемчужина.

Приблизительно в то самое время, когда Оствальд работал над определением сродства кислот, на сцену выступил молодой ученый, Сванте Аррениус, шведский физико-химик; в 1885 году он опубликовал работу об электропроводности растворов солей, кислот и оснований. Все эти тела, обыкновенно называемые электролитами, отличаются свойством проводить электрический ток. Но этой способностью электролиты обладают не в одинаковой степени. Посредством сравнительно простого метода, можно

эту способность измерить и определить проводимость числом. Аррениус выполнил целый ряд таких определений и, сравнивая полученные результаты, убедился, что те кислоты, которые являются наилучшими проводниками тока, обладают самым сильным сродством к кислотам. и обратно: чем „крепче" данная кислота, тем больше оказывается ее электропроводность.

Оствальд постарался проверить этот вывод.

— „С целью экспериментальной проверки такого взгляда, пишет Оствальд в 1884 году, я уже год тому назад произвел некоторые исследования, которые, однако, были прерваны другими занятиями. В то же время г. Сванте Аррениус иным путем пришел к тем же результатам и опубликовал их в двух работах, в которых он развивает достойную внимания теорию химического сродства. Автору этих работ, составляющих в высшей степени важный вклад в учение о сродстве, принадлежит полный приоритет в отношении этих идей. Однако, с другой стороны, вопрос настолько важен, что я считаю полезным опубликовать также выполненные мною опыты, значительно расширяющие не особенно обширный сравнительный материал, который был в распоряжении шведского исследователя".

После опубликования этой работы между обоими учеными завязалась дружба. В 1886 г. Аррениус приехал в Ригу, чтобы на месте познакомиться с методами, которые применял Оствальд. Здесь, в лаборатории Оствальда и на прогулках по взморью, происходил живой обмен мыслей; здесь были наброшены смелые планы, и о будущности физической химии высказывались надежды и ожидания, которые впоследствии оправдались с избытком. На почве этого сближения двух ученых и их плодотворного общения впоследствии выросла Аррениусова теория ионов. Оствальд первый признал эту теорию, проникся ее важным значением и проведение ее сделал задачей своей жизни.

В 1887 году Оствальд был приглашен в Лейпцигский университет на кафедру физической химии. Это была первая самостоятельная кафедра молодой науки, а лаборатория, открытая Оствальдом, была первой лабораторией, посвященной систематическим физико-химическим исследованиям. Здесь Оствальд мог проявить более широкую и более плодотворную деятельность, чем в Рижском Политехникуме.

Почти одновременно с этим в физической химии совершилась революция, которая оказала существенное влияние не только на эту науку, но и на направление дальнейшей деятельности Оствальда. Именно, в том же 1887 году по инициативе и под руководством Вильгельма Оствальда и Якова Генриха Вант-Гоффа стал издаваться журнал, посвященный исключительно вопросам общей химии. Новый орган, „Zeitschrift für physikalische Chemie“, поставил своей задачей

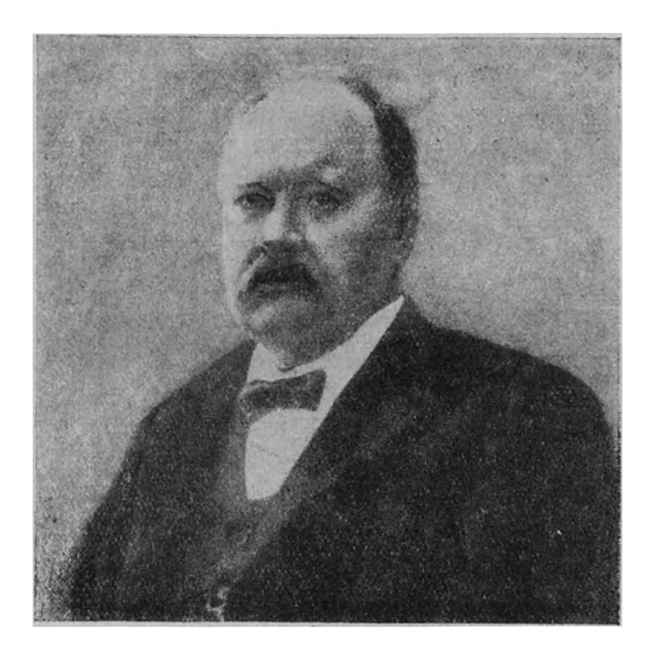


Рис. 69. Сванте Аррениус (род. в 1859).

проложить путь новым течениям, возникшим в химии за последнее время. Первый том названного журнала дал две небольшие статьи: Я. Г Вант-Гоффа „О значении осмотического давления в аналогии между растворами и газами“, и Сванте Аррениуса „О диссоциации растворенных в воде тел“ Эти две статьи представляют зародыш, из которого развилась вся теория ионов. Смелые, хотя на первый взгляд поверхностные, идеи стали исходной точкой целого ряда точных опытных исследований и источником новых законов, а в результате этой быстрой эволюции смелые гипотезы Вант-Гоффа и Аррениуса получили полное подтверждение.

Говоря о теории растворов Вант-Гоффа, я уже упомянул, что некоторые классы тел, а именно, соли, кислоты и основания, составляли исключение из общих законов, установленных Вант-Гоффом для растворов. Осмотическое давление растворов этих тел оказалось бо̀льшим, чем требуется по теории, и разница была довольно велика. Чтобы устранить эти неприятные исключения, Аррениус прибегнул к радикальному средству, а именно, он допустил, что соли и другие вещества разлагаются в растворе на составные части подобно газам и парам, имеющим плотность, которая меньше нормальной, т.-е. вычисленной по формуле. Это допущение Аррениус высказал в упомянутой нами статье о диссоциации солей. По взгляду Аррениуса, *соли разлагаются в водных растворах на свои составные части.*

Это те самые частицы, которые переносят с собою электрический заряд и которые еще Фарадэй назвал ионами. Так, например, обыкновенная соль, или хлористый натрий, разлагается на положительный ион натрия и отрицательный ион хлора:

$$\text{хлористый натрий} \rightleftarrows \overset{+}{\text{натрий}} + \overset{-}{\text{хлор}}.$$

Вследствие диссоциации соли число частиц в растворе увеличивается, а так как осмотическое давление зависит только от числа растворенных частиц, то давление должно быть выше нормального. Таким образом, исключения из закона растворов нашли себе объяснение.

Тем не менее гипотеза ионов встретила упорное сопротивление, главным образом, со стороны химиков. И не без основания. Действительно, хлористый натрий, — тот самый, который мы поглощаем в значительных количествах как в составе пищевых веществ, так и отдельно, в виде обыкновенной поваренной соли, — по гипотезе Аррениуса должен распадаться в растворе на натрий и хлор. Но ведь известно, что натрий есть металл, что он горит от соприкосновения с водой, что при этом происходит бурная реакция, при которой выделяется водород. Известно также, что хлор есть газ, который обладает неприятным, удушливым запахом и отличается едкими свойствами, что мы иногда, к нашему прискорбию, замечаем на белье. Поваренная же соль, к счастью,

не обладает этими свойствами. Она не разлагает воды, как натрий, и не выделяет неприятного запаха хлора.

Это был самый веский аргумент, выставленный оппозицией против гипотезы Аррениуса. Однако, не трудно было опровергнуть этот довод.

„Гипотеза ионов“ отнюдь не утверждает, что хлористый натрий, или поваренная соль, разлагается на металлический натрий и на газообразный хлор. Соль разлагается на ион натрия и ион хлора. Известно, что многие элементы могут существовать в нескольких модификациях, которые называются аллотропическими видоизменениями данного элемента. Так, например, известны две разновидности фосфора: желтая и красная. Довольно большие различия обнаруживают и три известные разновидности углерода: обыкновенный аморфный уголь, графит и драгоценный алмаз. Подобным образом и ионы, согласно гипотезе Аррениуса, представляют аллотропические видоизменения элементов или радикалов. Ионы обладают значительными электрическими зарядами, положительными или отрицательными, и вследствие этого имеют свойства, отличные от свойств обыкновенного натрия и обыкновенного хлора. Как только мы лишим ионы их электрического заряда, они переходят в обыкновенные тела и обнаруживают свои обыкновенные свойства: натрий разлагает воду, хлор выделяется в виде зеленого газа.

Второй аргумент против теории ионов был физического характера; возможно ли, чтобы положительные ионы не разряжались при соприкосновении с отрицательными? На это можно ответить следующее: ионы находятся в растворителе, который играет роль изолятора, аналогично, например, стеклу в лейденской банке. Это объяснение впоследствии нашло поддержку в теории Нернста и Томсона, согласно которой соли разлагаются на ионы теми растворителями, которые имеют значительную диэлектрическую постоянную. В последнее же время П. И Вальден доказал в ряде ценных исследований, что между диэлектрической постоянной растворителей и степенью диссоциации определенной соли в различных растворителях существует простая зависимость.

Таким образом удалось опровергнуть одно за другим все возражения, выставленные против теории ионов. Самые разно-

образные электрохимические явления обнаруживали полное согласие с этой теорией. Разрозненные факты оказались связанными между собою узлом общих понятий и законов. В электрохимию была введена общая руководящая мысль, при помощи которой можно было не только объяснить то, что было уже известно, но и предсказать много неизвестных фактов. На основе этих теоретических построений вскоре выросла техническая электрохимия, которая в настоящее время успешно конкурирует с обыкновенными химическими методами во многих отраслях промышленности.

Легко понять, что развитие основной идеи Аррениуса требовало огромной работы в виде многочисленных специальных исследований, относящихся к самым разнообразным вопросам, связанным с теорией ионов. Эта работа была выполнена преимущественно в лаборатории физической химии при Лейпцигском университете.

Предо мною лежат четыре тома „Трудов физико-химической лаборатории в Лейпциге“. Они содержат многочисленные исследования, произведенные самим Оствальдом, его ассистентами и целым рядом учеников. Помимо докторантов, в Лейпциг приезжали и зрелые люди, желавшие специализироваться под руководством учителя и производившие иногда обширные исследования. Статьи, напечатанные в четырех томах „Трудов“, относятся, главным образом, к теории ионов и ее применениям к отдельным вопросам, как определение подвижности ионов (Бредиг), сродство кислот и оснований, строение сложных солей, теория гальванических цепей Нернста, теория поляризации Леблана и т. д. Если принять во внимание, что эти исследования производились в продолжение десяти лет, и что они составляют работу нескольких десятков учеников, разнящихся между собой по образованию, способностям и воззрениям, то невольно удивляешься тому гармоническому впечатлению, какое производит это целое, построенное из столь разнородных кирпичей. Эта гармония и единство идеи в трудах физико-химической лаборатории красноречиво свидетельствуют о живом участии, какое принимал в их выполнении сам Оствальд.

Чтобы на живом примере иллюстрировать, как возникали эти работы, я позволю себе рассказать Вам страничку из моего прошлого. Прослушав несколько семестров в Лейп-

цигском университете, я обратился к Оствальду с просьбой принять меня в число своих учеников. Нужно заметить, что Оствальд обращался со всяким „новорожденным“ химиком, как с равным ему ученым.

— „Я особенное значение придаю тому, — сказал он, — чтобы ученики мои сами подыскивали себе вопросы для своих работ. Слушая лекции и читая книги, Вы без сомнения заметили пробелы в нашей науке. Одну из таких прорех, которая обратила на себя ваше особенное внимание, мы выберем темой для вашей будущей докторской работы“. —



Рис 61 Оствальдовская школа.

Признаюсь, что этот первый разговор меня чрезвычайно смутил.

— „Как же это? — подумал я — стало быть, наука не представляет стройного целого, но испещрена пробелами? И вместо того, чтобы закрыть глаза на эти несовершенства, вместо того, чтобы любоваться в фантазии прекрасной гармонией науки, — я должен нарочно искать эти дыры со свечой в руке? Значит, они-то и должны составлять элемент дальнейшего развития знаний?“

Спустя несколько дней, я вторично отправился к учителю с запасом самых несуразных идей, какие могли были притти в голову разве только зулусу, осужденному на решение ква-

дратуры круга. Так как усиленные старания добыть из этих идей хотя бы зернышко истины оказались тщетными, то тему пришлось выбирать самому Оствальду, о чем я впоследствии нисколько не жалел. Сперва я чувствовал себя в положении человека, который начинает учиться плавать. Подвешенный на ремне, я механически исполнял предписанные движения; когда же учитель снимал ремень, я тотчас же беспомощно захлебывался. Но, наконец, я научился плавать в этой среде и из узкого пруда порою осмеливался даже выплывать в необозримое море науки.

Лейпцигская лаборатория находилась в то время в периоде расцвета. Число адептов увеличивалось с каждым днем. Рядом с молодыми докторантами работали старые профессора, рядом с немцами многочисленные иностранцы, преимущественно англичане и американцы. Вместе с тем и сами работы становились все разнообразнее. Старая лаборатория оказалась неудовлетворительной. Поэтому в 1897 году был открыт новый „Институт физической химии", построенный на средства саксонского правительства, по специальному плану Оствальда.

Со всех концов света съехались ученики, друзья и товарищи, чтобы принять участие в торжестве открытия нового института, которое одновременно являлось торжеством новой отрасли химии. В празднично убранном лекционном зале Оствальд прочел лекцию о катализе, а затем демонстрировал опыты с жидким воздухом, который в то время представлял еще диковинку.

В новом институте была начата новая серия работ, посвященная изучению новой области физической химии, — каталитических явлений. Так называются действия весьма маленьких количеств различных веществ, увеличивающих или уменьшающих скорость химических реакций. Каталитические вещества не подвергаются при реакции никаким видимым изменениям, и самая сущность явления пока еще не выяснена. Так, например, платина ускоряет соединение водорода с кислородом настолько, что оба эти газа соединяются между собою уже при обыкновенной температуре. Обратно, капля скипидара уменьшает скорость окисления фосфора в воздухе, вследствие чего фосфор перестает светить.

„Когда 4 года тому назад“, — говорит Оствальд в лекции о катализе [1]), в которой он изложил исследования по этому вопросу как собственные, так и своих учеников, — „Лейпцигский Институт физической химии перешел в новое прекрасное здание, я начал там работу не б з боязни за будущее. Предыдущий период принес весьма обильный урожай. В больших отделах, как химическая динамика и электрохимия, были сделаны значительные успехи; казалось, что на долю нового института, вместо интересных походов в неисследован-

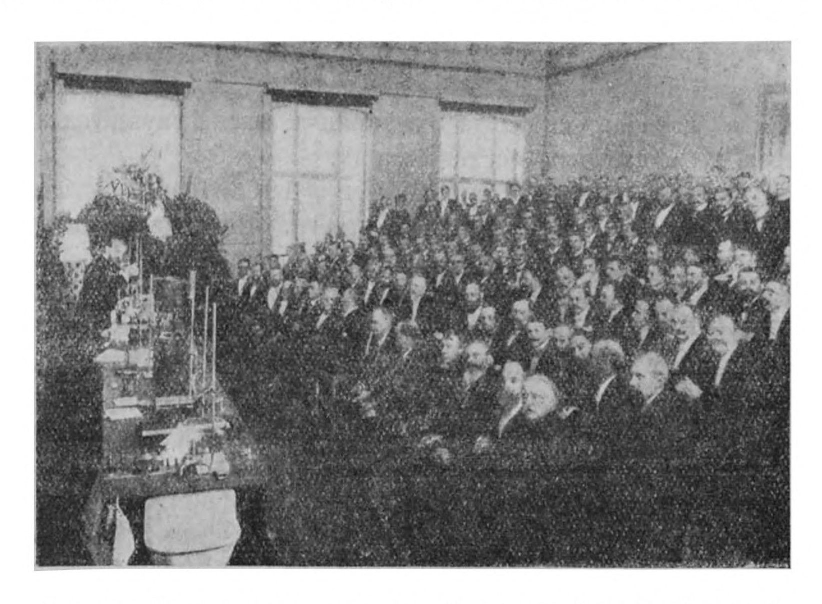


Рис. 62. Торжественное открытие „Института физической химии“ в Лейпциге (1897).

ные страны, выпала лишь прозаическая задача — разработка приобретенного. Тогда я сказал себе: часть девственного леса мы должны оставить за собою. Мы не желаем отказаться от наслаждения, какое испытываешь, проникая в землю, куда еще не ступала ничья нога. Но из всех путей, ведущих к этой цели, ни один не казался мне столь благодарным и многообещающим, как катализ“.

Ряд изысканий последних лет ясно доказал, что эти надежды не были обманчивы. Как в первых работах понятие сродства,

[1]) См. сборник „Успехи химии“. 1912. Изд. „Матезис“.

так здесь понятие о катализе было впервые точно выяснено и определено. Место гипотетических промежуточных реакций, к которым прибегали до того времени в стремлении к объяснению таинственных каталитических явлений, заняли численные измерения скорости реакций. Законы катализа оказались согласными с основами энергетики.

Мы в общих чертах изучили три главных направления опытных исследований Оствальда и его учеников: изучение сродства кислот и оснований, электрохимические исследования и, наконец, работы в области катализа. Но главное значение Оствальда в истории развития науки заключается не в частных исследованиях.

В письме ко мне, написанном в 1903 году, Оствальд не без горечи характеризует свою научную деятельность, как более систематизирующую, чем творческую. И вполне правильно. Главный труд Оствальда, учебник общей химии, а затем основанный им и Вант-Гоффом журнал, — который кроме оригинальных исследований разных авторов содержит написанные самим Оствальдом рефераты и критические разборы всех важнейших работ, — определили направление дальнейшего развития не только физической химии, но и всей современной химии вообще. Резюмируя все это, мы придем к заключению, что Оствальд в современной химии играет такую же роль, как Берцелиус в начале XIX века. Оствальд не прославил своего имени открытием новых законов, но он привел в систему весь накопившийся материал и указал путь для будущих исканий.

Не в характере Оствальда погрузиться в мелочи. По мере того, как физическая химия начинает дифференцироваться, по мере возрастания количества опытных и теоретических работ и специализации исследований, Оствальд становится все более равнодушным к своему собственному детищу. Он слишком многосторонен, чтобы его могли поглотить мелочи научной мозаики.

Между разнообразными проявлениями этой многосторонней деятельности прежде всего следует отметить деятельность

педагогическую. Оствальд не оратор, но его лекции не были похожи на профессорские лекции, обработанные раз навсегда и каждый семестр повторяемые без изменения. Оствальд читал всегда то, что его в данный момент наиболее интересовало. Его мысль создавалась во время чтения, и поэтому его лекции не всегда были достаточно понятны для начинающих. Но кому приходилось в лаборатории поглубже вникать в ход мыслей профессора, тот в слушании его лекций получал не только наслаждение, но выносил запас новых вопросов и критических мыслей. Эти качества метко охарактеризовал Вальден в написанной им биографии Оствальда:

— „Существуют три рода педагогов: к первому относятся те, которые считают ученика существом низшего порядка и далеки от всякой мысли о взаимном сближении; это остатки прошлого, какие до наших дней нередко встречаются в средних учебных заведениях. Педагоги второй категории стараются сами стать на точку зрения ученика, войти в ход его мыслей; это знаменитые педагоги, классические популяризаторы знания. Оствальд принадлежит к третьей, пока еще мало распространенной категории: вместо того, чтобы снисходить к ученику, он старается поднять его до своего уровня. — „Чем больше доверия мы будем питать к способностям ученика, тем больше сумеем от него получить“. Таков педагогический девиз Оствальда“.

Эта педагогическая система нигде не выразилась так ярко, как в лаборатории, при руководстве самостоятельными работами учеников. Мы уже видели, какие плоды принесла эта работа. Многочисленные докторские работы, вышедшие из лейпцигской лаборатории, не составляют одной темы: каждая из них представляет отдельное целое, — замкнутое, но гармонически связанное с другими. Ни одна из них не носит имени учителя. Но сколько в них заключено труда и идей Оствальда!

Более широкую педагогическую деятельность он развил в ряде учебников: общей (так наз., „Малый Оствальд“) аналитической и неорганической химии; в последнее же время он выпустил свою „Школу химии“, книгу вполне элементарного характера. „Школа химии“, написанная в форме диалогов, может служить превосходным пособием для легкого усвоения начал химии.

На все эти труды следует смотреть, как на осуществление програмы, намеченной в смелом тезисе 1878 года: „современная химия требует реформы!“. Эта реформа состоит в превращении химии из описательной науки в науку рациональную, опирающуюся на точные законы. Реформа коснулась не только работы исследователя, но распространилась также и на общее образование химиков Педагогические сочинения Оствальда, как первый шаг в этом направлении, не лишены некоторых недостатков, вследствие чего они вызвали не мало упреков, правда, не всегда справедливых. Более ранние произведения, в особенности „Основы общей химии“, носят тот же характер, как и лекции Оствальда: они предъявляют слишком большие требования к читателю в смысле подготовки, способностей и вдумчивости. Следующие сочинения постепенно освобождаются от этого недостатка, а в „Школе химии“ популяризаторский талант Оствальда достиг высшего развития.

В настоящей лекции я старался набросить в общих чертах картину научной деятельности Оствальда. Бросим еще раз взгляд на развитие его мысли.

На почве исследований химического равновесия выросло понятие о сродстве, как постоянной и измеримой величине. Понятие сродства в свою очередь оказалось составною частью более общего понятия энергии. Это последнее понятие столь широко, что на нем можно основать всю систему общей химии, рассматривая все химические явления — за исключением стехиометрических отношений — как превращения других видов энергии в химическую. Эта система находит практическое применение в „общей химии“. В ней нет места для структурных формул и вопросов о строении материи, да и самое понятие материи отступает на задний план. Эта эволюция совершилась в уме Оствальда не сразу, а постепенно. Еще в 1878 г. он в докторской диссертации выставляет тезис: „положение атомов в молекуле можно определить“; в 1884 году в „открытом письме Альбрехту Рау“ он приписывает атомам объективное существование; в 1887 году во вступительной лекции „об энергии и ее превращениях“ он рядом с материей ставит энергию,

как вещественное понятие, а в 1895 году, в своей знаменитой речи: „Несостоятельность научного материализма“, он уже отрицает у материи право на существование в науке. По его взгляду, понятия энергии, как реальной вещи, и методики точных наук, стремящейся представить все явления посредством чисел, достаточно не только для уяснения химических процессов, но и для того, чтобы обнять в одной системе совокупность человеческих знаний: на этих двух принципах он основывает философскую систему, представленную им в „лекциях по философии природы“.

С некоторыми основными взглядами философской системы Оствальда мы неоднократно встречались в этих лекциях, например, с взглядом Оствальда на значение законов природы, на гипотезы, на основы энергетического мировоззрения и т. д. Следует здесь заметить, что эти взгляды возникли и окрепли у Оствальда в значительной степени под влиянием замечательных идей, высказанных впервые физиком-философом Эрнестом Махом, которого поэтому следует считать непосредственным предшественником Оствальда.

Философские изыскания Оствальда вызвали сильное неудовольствие в широких кругах, преимущественно между представителями точных наук. Справедливо ли это? Ответить на это может история философии, которая медленно движется по неровному, трудному пути. В праве ли вообще естествоиспытатель решать философские вопросы? На это не трудно найти ответ. С тех пор, как человек впервые стал задумываться над своим отношением к окружающей природе, нашу мысль всегда будут привлекать вечные загадки: образование вселенной, исчезновение или сохранение вида, загадки жизни и смерти. В своем стремлении разрешить эти загадки человечество от поэзии религиозных верований и от возвышенных грёз метафизики обращается к точным наукам. Теперь уже никто не может отрицать того влияния, какое оказало в этом отношении развитие точных наук. Лишать химию в настоящее время права голоса по этому вопросу значило бы низвести ее на мало почетную роль слуги наших материальных нужд. Можно упрекать „философию природы“ Оствальда в отсутствии той строгой последовательности, которая характеризует труды классиков философии, но ведь не подлежит сомнению, что из всех философских систем Оствальдовская

наиболее соответствует современным результатам точных наук, подобно тому, как материалистическая философия наиболее соответствовала состоянию науки в середине прошлого столетия.

В последнее время Оствальд совершенно отказался от кафедры и оставил педагогическую деятельность, чтобы посвятить все свое время научной работе в тиши кабинета. Для тех, кто был близок к учителю, это известие, хотя в высокой степени печальное, не было однако вполне неожиданным, так как Оствальд уже долго носился с мыслью покинуть лейпцигскую кафедру.

Ключ к разрешению этой психологической загадки мы найдем в следующих словах самого Оствальда:

„Ученый, занимающий университетскую должность, может действовать в трех направлениях: как учитель, как исследователь и как писатель. Если с этой точки зрения подвергнуть критике деятельность наших величайших ученых, то мы убедимся, что они часто действовали только в одном направлении, иногда в двух, и лишь немногие были в состоянии совершить тройную работу. Но и те рано или поздно уставали, и являлась необходимость выбрать науку или педагогию“.

Оствальд сделал уже выбор, и приходится только пожелать, чтобы он в новой обстановке и в новых условиях работы нашел наилучшие пути к достижению намеченных задач.

Теперь мы рассмотрим, какое влияние молодая физическая химия оказала на последнюю фазу развития неорганической химии. Неорганическая химия, достигшая высокого развития в минеральном анализе, во вторую половину XIX столетия, казалось, отжила уже свое время. Почти все элементы и их важнейшие соединения были подробно исследованы. Главные реакции приведены были к простой схеме, и вся задача этого отдела химии казалась исчерпанной. Это объясняется тем, что из соединений неорганических (т. е. таких, которые не содержат углерода) рассматривались почти исключительно соли. А относительно этих веществ нам уже известно, что в водном растворе они, согласно гипотезе Аррениуса, распадаются на свои составные части, или ионы. Так, например, хлористый натрий распадается на ион натрия и ион хлора, сернокислый натрий—на ион натрия и ион

серной кислоты, *хлористый калий* — на ион калия и ион хлора и т. д. Вследствие того, что этот распад совершается в сильной степени, все эти соли обнаруживают в водном растворе все те реакции, которые показывают их ионы. Поэтому все натриевые соли обнаруживают реакцию натриевого иона; все хлористые соединения — реакции хлора, например, образование белого осадка с раствором азотнокислого серебра и т. д.

Не трудно понять, насколько такое обстоятельство упрощает изучение химических взаимоотношений между солями. Действительно, стоит лишь изучить химические свойства всех ионов в отдельности, чтобы знать отношение всевозможных их комбинаций, т.-е. самых разнообразных солей.

Свойства каждой соли в водном растворе являются суммой свойств ее ионов. Этим фактом издавна уже пользовалась аналитическая химия, определявшая составные части солеобразных соединений по реакциям их ионов. Так, всякому, кто знаком хотя бы лишь поверхностно с химическими реакциями, известно, что все хлористые соединения металлов (хлористый натрий, хлористый кальций, хлористое железо и т. д.) имеют общие реакции. Например, с азотнокислым серебром все эти *соли* дают осадок хлористого серебра, весьма трудно растворимый в воде. Эта реакция составляет, следовательно, характерную реакцию *иона хлора*, образуемого всеми упомянутыми солями при их растворении в воде:

$$NaCl = \overset{+}{Na} + \overset{-}{Cl}.$$

хлористый натрий = ион натрия + ион хлора.

Что мы здесь, действительно, имеем дело с реакцией *иона* хлора, следует из того, что *органические* хлористые соединения, не проводящие электрического тока и не образующие ионов, не показывают этой реакции. Так, например, хлороформ не дает никакого осадка с азотнокислым серебром. Не дает осадка и хлорноватокалиевая, или, так называемая, бертолетова соль. Эта последняя разлагается на ионы, но образует не ион хлора, а ион хлорноватой кислоты:

$$KClO_3 = \overset{+}{K} + \overset{-}{ClO_3}.$$

хлорноватокалиевая соль = ион калия + ион хлорноватой кислоты.

По этой же причине, так называемая, желтая соль, или железистоцианистый калий, не обнаруживает обыкновенных реакций железа. С роданистым калием она не дает кровяно-красного окрашивания. Соль эта содержит, правда, железо, но последнее не образует в растворе иона железа, а входит в состав более сложного иона железистоцианистой кислоты, что доказано исследованиями Гитторфа о переносе ионов при электролизе:

$$K_4Fe(CN)_6 \qquad \overset{+}{4K} + \overset{-\ --}{Fe(CN)_6}$$

желтая кровяная соль = ионы калия + железистоцианистый ион.

В этом направлении задачи неорганической химии, действительно, могли считаться вполне исчерпанными. Дальнейшее развитие этой отрасли науки могло пойти только в направлении открытия и изучения новых несолеобразных соединений. Для этого нужны были новые методы. Они то и были заимствованы из физической химии. Их разработкой и применением мы обязаны, главным образом, Муассану. Не много есть химиков, которые бы за сравнительно короткий период научной деятельности успели решить столько важных и трудных проблем, как этот гениальный экспериментатор. Для него не существовало технических трудностей. Он мог взяться за какую угодно задачу, — и везде ему помогала необыкновенно счастливая рука.

Анри Муассан родился в Париже в 1852 г. Отец его был железнодорожным служащим, и семье приходилось постоянно бороться с нуждой. Анри сначала поступил в учение в аптеку, и лишь позже стал изучать химию. В сравнительно позднем возрасте, 30-ти лет от роду, он поступил в Парижский университет, и в 1877 г. получил степень „docteur des sciences“, представив диссертацию об окислах железа, разработанную им под руководством Сен-Клер Девиля и Дебрэ. С 1879 до 1899 г. Муассан состоял профессором Высшей фармацевтической школы в Париже; только в 1900 г. он был приглашен в Сорбонну на кафедру химии, которую, однако, ему суждено было занимать недолго: в 1907 г. Муассан скончался, всего 55 лет от роду, в полном разгаре работы, на пути к новым открытиям. Муассан отличался блестящим ораторским талантом, легкая и плавная речь, свойственная французам, сопрово-

ждалась у него весьма приятной жестикуляцией. У меня до сих пор живо воспоминание о его симпатичной личности: я видел его в 1903 г., когда он на V Международном Съезде прикладной химии читал доклад о своих исследованиях над водородистыми металлами. Блестящий доклад был покрыт долго несмолкавшими аплодисментами.

Первые исследования Муассана, обратившие на него внимание ученого мира и обнаружившие его необыкновенный экспериментаторский талант, имели своей задачей получение одного из элементов, соединения которого давно были известны и даже весьма распространены в природе. Этот элемент есть фтор, принадлежащий к той же группе, что и хлор, бром и иод. Фтористоводородная кислота, соединение фтора с водородом, замечательна тем, что она растворяет стекло. Давно уже химики пытались получить этот элемент в свободном виде из его соединений. Но до 1886 г. все эти попытки кончались неудачей. Причина этих неудач заключается в следующем. Фтор есть самый энергичный из всех элементов и соединяется почти со всеми другими элементами, кроме кислорода, столь жадно, что происходит воспламенение. Фтор действует не только на стекло[1]), но даже

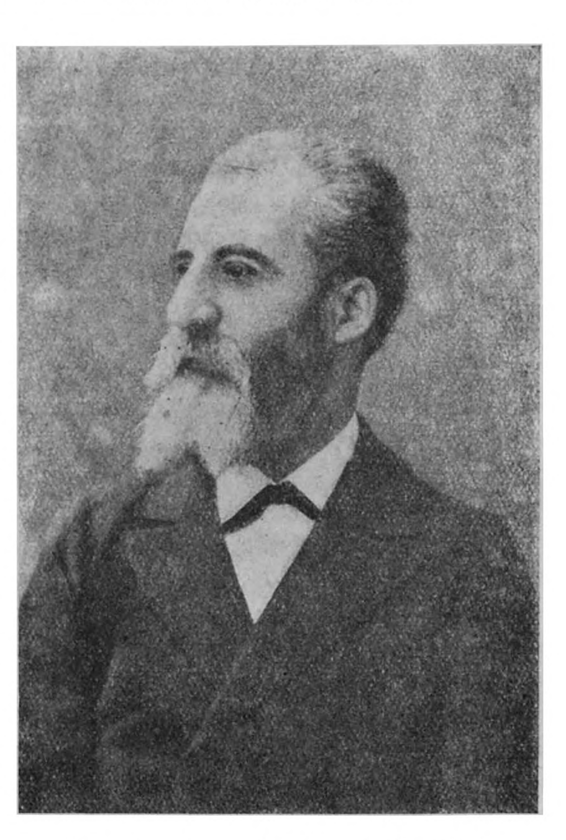


Рис. 63. Анри Муассан (1852—1907).

[1]) Впоследствии Муассан нашел, что совершенно сухой фтор не действует на стекло.

на платину; поэтому весьма трудно найти материал для сосудов, в которых можно было бы получить фтор. Однако, эти затруднения не остановили Муассана, но послужили стимулом для целого ряда опытов, которые продолжались более двух лет, и, наконец, привели к желанной цели. Последняя была достигнута следующим образом. Раствор фтористого калия в безводной фтористоводородной кислоте был подвергнут электролизу при весьма низкой температуре в U-образной платиновой трубке. На аноде выделился искомый газ — фтор. Этот газ обладает замечательными свойствами: сера. фосфор, бром, иод, калий, водород, все эти элементы воспламеняются в соприкосновении со фтором. Все органические соединения, содержащие водород, разлагаются этим элементом. Он разлагает уже при обыкновенной температуре столь прочное соединение, как воду, выделяя из нее кислород в виде озона.

Двенадцать лет продолжал Муассан свои изыскания над фтором и его соединениями; эти исследования, опубликованные автором в книжке: „Le fluor et ses composés“, привели к чрезвычайно интересным результатам. Между прочим оказалось, что фтор есть газ желто-зеленого цвета, при — 187° переходящий в светло-желтую жидкость, а при — 210° затвердевающий в желтую кристаллическую массу. Он сжижается, следовательно, гораздо труднее, чем хлор. Химическая энергия фтора столь велика, что он взрывает даже при температуре жидкого водорода, т.-е. около — 250°, при соприкосновении с жидким водородом. Почти все известные химические реакции останавливаются при этой температуре, лежащей всего на 23 градуса выше абсолютного нуля.

Как бы в противовес этому пределу холода, соответствующему „полной смерти материи“, Муассан изобретает способ для получения самых высоких температур, какие когда-либо были достигнуты на нашей планете. Обыкновенный способ нагревания состоит, как известно, в сжигании разных веществ, способных соединяться с кислородом и выделяющих при этом значительные количества теплоты. Такими веществами служат: уголь, керосин, светильный газ, водород, ацетилен и др. В этом отношении особенно пригоден ацетилен, как газ, обладающий самой большой теплотой сгорания. Но все эти вещества даже при горении в чистом

кислороде не дадут нам никогда температуры выше 2000° Не говоря уже о значительной потере тепла во всякой печи вследствие лучеиспускания и теплопроводности, мы должны усматривать главное препятствие в том, что уже при 2000° реакция горения происходит неполным образом вследствие некоторого распада продуктов горения—углекислоты и воды — на элементы. Этот распад происходит тем интенсивнее, чем выше температура. Таким образом, реакции, сопровождающие горение, при высокой температуре пламени являются реакциями обратимыми, и это обстоятельство полагает предел дальнейшему нагреванию печи.

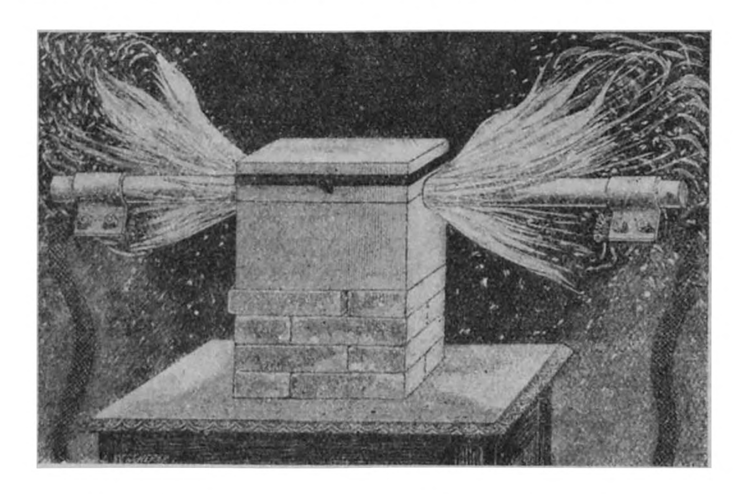


Рис. 64. Электрическая печь Муассана в действии

Действие электрической печи Муассана основано на совершенно другом принципе. Для получения возможно высокой температуры Муассан пользуется теми громадными количествами теплоты, которые развиваются в электрической дуге. Прибор, изобретенный для этой цели Муассаном, отличается чрезвычайной простотой. Два угольных электрода вводятся внутрь четырехугольной печи, построенной из известняка. Внутри печки просверлено цилиндрическое отверстие, в которое вставляется тигель из магнезии или другого тугоплавкого вещества.

При замыкании вольтовой дуги моментально получается сильное нагревание. Из отверстий печи бьет пламя, окра-

шенное в пурпурный цвет цианистым водородом, образующимся от действия угля на водяные пары и азот воздуха при высокой температуре. Скоро пурпурный цвет пламени исчезает, уступая место белым облакам испаряющейся извести. Применяя ток в 100 вольт и 500 амперов, можно уже спустя одну или две минуты достигнуть в печи температуры в 3000°!

Вследствие своей простоты, электрическая печь особенно удобна для лабораторных опытов. С помощью этой печи Муассан сделал в короткое время целый ряд открытий огромной важности. При высокой температуре электрической печи (усилением тока ее можно довести до 3500°) сплавляются и даже испаряются самые устойчивые минеральные вещества. Известь, из которой состоит вещество печки, испаряется в громадных количествах. Кремнезем плавится в печи почти моментально и после нескольких минут закипает. Аморфный уголь превращается в графит, а затем возгоняется, не плавясь. Наконец, при помощи электрической печи можно легко перегонять все металлы, как обыкновенные жидкости. Так, Муассан перегонял медь, серебро, золото, даже платину и железо. При высокой температуре в 3000° можно легко получать элементы из их кислородных соединений, восстановляя последние углем; раньше же эти элементы приходилось получать весьма сложными приемами.

Таким образом удалось получить уран, хром, молибден, вольфрам, алюминий и другие элементы. Известно, что алюминий ныне получается исключительно в электрических печах. Дешевизной и широким распространением этого столь полезного металла, который еще лет двадцать тому назад считался научной редкостью, мы обязаны изобретению Муассана.

В руках такого гениального экспериментатора, каким был Муассан, электрическая печь явилась орудием для открытия новых классов соединений, имеющих весьма важное значение, не только теоретическое, но и практическое. Сюда относятся соединения углерода, бора и кремния с металлами, известные под именами карбидов, боридов и силицидов. Все они образуются в электрической печи путем прямого взаимодействия элементов.

Из всех этих соединений самое большое практическое применение нашел **карбид кальция**. Это соединение важно для нас потому, что от действия воды оно разлагается уже при обыкновенной температуре, выделяя газ **ацетилен**:

$$CaC_2 + 2H_2O \quad Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

карбид кальция + вода = гашеная известь + ацетилен

Нам уже известно (ср. стр. 238), что этот газ, благодаря значительному запасу энергии, при горении дает пламя более высокой температуры и более яркое по свету, нежели пламя обыкновенного светильного газа. Благодаря открытию Муассана, мы можем весьма легко получать этот газ из карбида кальция и воды в приборах чрезвычайно простой конструкции, как известные ацетиленовые лампочки велосипедов или автомобилей. Следует обратить особое внимание на то, что карбид кальция получается прямо из извести и угля, — двух продуктов, отличающихся чрезвычайной дешевизной. Поэтому цена карбида, а, следовательно, и ацетилена, определяется почти исключительно стоимостью **энергии**, израсходованной на получение электрического тока. Самым дешевым источником энергии до сих пор остается энергия водопадов; эта энергия раньше пропадала даром, но в последнее время она все больше и больше применяется на пользу человечества. Одним из лучших способов для **сохранения этой энергии** и является утилизация ее для получения карбида. Карбид может лежать неопределенно долгое время и легко перевозится; в любой момент он может возвратить нам накопленный в нем запас энергии в виде теплоты и света.

Замечательно для характеристики Муассана, что он лично не извлек никакой материальной пользы из своего открытия. Служа **только** науке, он охотно предоставлял другим практическое применение своих открытий, а сам довольствовался той чистой радостью, которая для служителя истины дороже всех соблазнов Мамона.

Для исследователя истории научных открытий не безинтересен тот путь, который привел **Муассана** к изобретению электрической печи и к вытекавшим отсюда открытиям. Первые опыты, как нередко бывает, преследовали совершенно другую цель, а именно, искуственное **получение алмаза**.

Уже Лавуазье доказал, что алмаз есть чистая природная разновидность элемента углерода. Алмаз сгорает в кислороде, образуя, как продукт горения, чистый углекислый газ и, следовательно, в химическом отношении тождествен с другими известными нам формами углерода: с графитом и с обыкновенным аморфным углем. Так как последние две разновидности достаточно дешевы, то превращение их в алмаз представляло бы предприятие более, чем выгодное. К сожалению, значительные затруднения препятствуют пока такому способу обогащения.

Уголь можно, правда, легко перевести в кристаллическое состояние. Муассан для этой именно цели изобрел свою электрическую печь. Достаточно нагреть в этой печи аморфный, т. е. обыкновенный, уголь до высокой температуры, чтобы заставить его кристаллизоваться. Но продуктом кристаллизации является отнюдь не алмаз, а гораздо менее ценная форма углерода — графит. Этот способ и применяется ныне в технике для искусственного получения графита.

Новейшие исследования привели к заключению, что в пределах температур, доступных наблюдению, алмаз образует неустойчивую форму углерода. Правда, если она раз возникла, то может сохраняться неопределенно долгое время при низкой температуре, несмотря на неустойчивость; но это обусловливается пассивностью материи при низкой температуре. Действительно, достаточно нагреть алмаз до 3000°, чтобы превратить его в графит. Конечно, от такого превращения нельзя ожидать материальной выгоды.

Если, таким образом, факты не могут особенно поощрить экспериментаторов, то, с другой стороны, теория не дает еще повода к отчаянию. В самом деле, нам известно довольно много тел, которые в условиях нашей планеты являются неустойчивыми, но, несмотря на это, находятся в природе и даже применяются в практике. Известно, например, что обыкновенное олово есть неустойчивая разновидность элемента; то же самое известно относительно различных сортов железа. Не подлежит сомнению, что и алмаз когда-то произошел в гигантской лаборатории нашей планеты, хотя, быть может, в таких условиях, которых нам не удается воспроизвести нашими ограничёнными средствами и за тот сравнительно краткий промежуток времени, которым мы можем располагать в наших опытах.

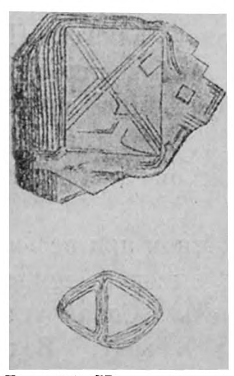
Муассану природные нахождения алмаза дали некоторые важные указания для дальнейших изысканий. Он подвергнул анализу метеорит, упавший 23-го августа 1886 г. в Пензенской губерни [1]). Этот метеорит сначала был анализирован Ерофеевым и Лачиновым в лаборатории С.-Петерб. Лесного Института. Анализ Муассана подтвердил, что этот метеорит содержит кристаллики черного алмаза. На основании этого факта Муассан пришел к заключению, что образование алмаза из угля может происходить при чрезвычайно быстром охлаждении всей массы и под высоким давлением. С таким взглядом он приступил к опыту.

Муассан растворял уголь в железе, сплавленном при весьма высокой температуре. Для получения этой высокой температуры он и изобрел свою электрическую печь. Сплав угля с железом, нагретый до 3000°, он выливал в воду. Вода при этом бурлит и закипает; часть ее подвергается даже разложению от действия высокой температуры. Поверхность железа моментально покрывается коркой застывшего металла. Охлаждение проникает вглубь и вызывает застывание всей массы и выделение растворенного углерода. Тут на сцену выступает другой фактор — давление. Известно, что железо принадлежит к немногочисленному классу тел, которые при затвердевании расширяются. Так как, однако, твердая корка препятствует расширению, то внутри полузастывшей массы возникает огромное давление. Таким образом, одновременно достигаются оба условия природного образования алмаза: углерод выделяется под высоким давлением и с весьма большой скоростью. Результат вполне оправдал ожидания Муассана. После того, как застывшее и охлажденное железо было растворено в соляной кислоте, на дне сосуда, в котором производилось растворение, остались кристаллики микроскопической величины, резавшие стекло и даже рубин и отличавшиеся значительной плотностью. Анализ кристалликов показал, что они представляют чистый углерод. Конечно, этот первый успех не дает еще надежды на практические результаты: количество кристалликов и величина их были чрезвычайно малы, расходы же на ток

[1]) Часть этого метеорита пропала для науки вследствие того, что крестьяне этой местности поспешили съесть этот „небесный дар“.

силою в несколько тысяч амперов составляют не меньше 4 — 5 франков в минуту. Всего для этого опыта было израсходовано 31500 ваттов.

Таким образом, Муассан первый доказал возможность искусственного получения алмаза. Смерть помешала ему продолжать эти интересные опыты. Но их продолжают другие, и весьма возможно, что со временем опыты из лаборатории будут перенесены в практику, как искусственное изготовление рубинов, смарагдов и других драгоценных камней.


Рис. 65. Искусственные алмазы, изготовленные Муассаном.

Мы не можем здесь распространяться о других исследованиях Муассана, приведших к открытию водородистых соединений металлов, к открытию легкого способа для получения кальция и к другим важным результатам. Упомяну лишь о его обширном труде Traité de chimie minérale, в пяти томах которого собрано все, что в настоящее время известно о неорганических соединениях. Изложенное нами доказывает в достаточной степени, что это был гениальный экспериментатор, вдохновивший неорганическую химию новыми идеями, которыми она еще долго будет питаться.

ИСТОЧНИКИ.

L. Meyer. Die modernen Theorien der Chemie. Breslau, 1884.

L. Meyer. Grundzüge der theoretischen Chemie. Leipzig, 1890.

J. H. van't Hoff. La chimie dans l'espace. Rotterdam, 1875.

J. H. van't Hoff. Études de dynamique chimique. Amsterdam, 1884.

J. H. van't Hoff. Lois de l'équilibre chimique. Svenska Vetenskaps Akad. Handlingar 21. № 17. Ostwald's Klassiker № 110. Leipzig, 1900.

J. H. van't Hoff. Wie die Theorie der Lösungen entstand? Ber. chem. Ges. 27, 1 (1893).

J. H. van't Hoff. Vorlesungen über physikalische Chemie. Braunschweig, 1898.

J. H. van't Hoff. Acht Vorträge über physikalische Chemie. Braunschweig, 1902.

W. Ostwald. Lehrbuch der allgemeinen Chemie. Leipzig, 1893 — 1908.

W. Ostwald. Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Leipzig. 1901.

W. Ostwald. Grundriss der allgemeinen Chemie. Leipzig, 1899.

W. Ostwald. Grundlinien der anorganischen Chemie. Leipzig, 1904

W. Ostwald. Die Schule der Chemie. Braunschweig, 1904.

E. Cohen. Jacobus Henricus van't Hoff. Leipzig, 1899.

P. Walden. Wilhelm Ostwald. Leipzig, 1904.

M. Centnerszwer. Teorya jonów. Warszawa, 1900.

H. Moissan. Le fluor et ses composés. Paris. 1900.

P. Walden. Die Lösungstheorien in ihrer geschichtlichen Aufeinanderfolge. Stuttgart, 1910.

A. Gutbier. Henri Moissan. Erlangen, 1909.

М. А. Блох. Жизнь и творчество Вант-Гоффа. НХТИ. 1923.

ЛЕКЦИЯ X.

Новые элементы. Радиоактивность.

Предположение о сложном строении элементов. — Первые попытки обнаружить периодичность в свойствах элементов. — Дмитрий Иванович Менделеев. — Периодическая система элементов. — Нулевая группа, или благородные газы. — Вильям Рамзай. — Новые лучи. — Супруги Кюри. — Полоний. — Открытие радия в урановой обманке. — Актиний. — Свойства распада радия. — Образование теплоты. — Физиологические действия. — Продукты радия. — Активный осадок и эманация. — Лучи α, β, γ. — Величина атома гелия. — Спинтарископ. — Дальнейшая судьба эманации. — Родословная радия. — Другие радиоактивные элементы. — Превращение элементов. — Новейшие исследования.

В одной из предыдущих лекций я старался изобразить запутанные пути, по которым пришлось итти понятию „элемент", прежде чем оно достигло той простоты и ясности, благодаря которым это понятие теперь кладется в основу всякого, даже самого элементарного, курса химии. Но вместе с тем всякому как специалисту, так и начинающему, бросается в глаза один крупный недостаток химической системы, основанной на современном понятии об элементе: это — многочисленность элементов.

Действительно, присущее человеку стремление к упрощению и в данном случае упорно навязывает нам мысль о единстве материи и поддерживает в нас веру в существование одного „первичного элемента", из которого произошли все остальные элементы. К сожалению, развитие химии не принесло до последнего времени ни одного факта, который мог бы служить неопровержимым доказательством этого предположения, и, напротив, приносило все новые факты, прямо ему противоречащие.

Прежде всего, невозможность искусственного превращения элементов, подтвержденная многочисленными попыт-

ками получения золота, которые предпринимались алхимиками, могла служить доказательством многообразия материи. А все новые открытия неизвестных дотоле элементарных тел, казалось, свидетельствовали о том, что число элементов вместо того, чтобы уменьшаться, постоянно возрастает.

Но вера в единство вселенной была в данном случае столь сильна, что не позволила победить себя: не находя поддержки в непосредственных доказательствах, эта вера старалась подыскать косвенные доводы в различных свойствах элементов.

Одним из таких свойств, более других характеризующих индивидуальность элементов, вскоре был признан атомный вес. Нам уже известно, что атомные веса элементов (ср. таблицу на стр. 158) представляют весьма важные постоянные, что они являются единицами веса, характерными для каждого отдельного элемента, что это есть именно те веса, которые следует принимать во внимание при сравнении различных элементов.

Простое сравнение еще раз обнаружит нам практическое значение этих величин.

Известен и вполне понятен тот факт, что различные металлы имеют неодинаковую цену; это обнаруживается, когда мы желаем один металл обменять на другой. Тогда мы не меняем фунт на фунт или лот на лот, но берем неодинаковые веса обоих металлов соответственно тому отношению, в каком находятся цены этих металлов.

То же самое мы видим и в химии. Мы неоднократно имели возможность убедиться, что и здесь происходят явления, напоминающие на первый взгляд меновую торговлю. А именно, одни элементы обмениваются на другие, и при этой замене — как в торговле — берутся не одинаковые веса, но находящиеся в известных определенных отношениях, — в отношениях атомных весов.

Подобно тому, как в обыденной жизни для упрощения расчетов цена одного металла, а именно, золота, принята за единицу, и к ней приводятся цены всех других металлов и даже вообще товаров, так и в науке атомный вес одного элемента (например, водорода) принимается за единицу, и равнозначные веса других элементов определяются по сравнению с выбранной единицей.

Случайно эта аналогия проявилась еще в одном отношении. Политическая экономия признает две единицы ценности: золото и серебро. Точно также и в химии существуют два элемента, принятые за основание в исчислении атомных весов: водород и кислород. Оба эти элемента имеют некоторые достоинства, но имеют также и недостатки, и до настоящего времени не достигнуто еще полного согласия в выборе того или другого, хотя кислород приобретает все более сторонников.

Для сторонников единства материи эти атомные веса должны были послужить точкой опоры. Еще в 1815 году Проут заметил, что атомные веса мало отличаются от целых чисел. Так как методы определения этих чисел были тогда неточны и, вообще, ученые не очень старались возможно точнее их определить, то Проут был вправе предположить, что отклонения известных атомных весов от целых чисел обусловливаются исключительно погрешностями опыта.

За единицу атомных весов принимали тогда водород. Допуская, что водород является „первичным элементом“, а все остальные элементы суть лишь скопления разных количеств атомов водорода, Проут мог легко объяснить, почему атомные веса приближаются к целым числам. Действительно, если атомы элемента состоят из атомов водорода, то, очевидно, отношения их атомных весов к атомному весу водорода должны выражаться целыми числами.

К сожалению, вера в такое простое отношение была разрушена жестокой действительностью. Точные измерения атомных весов, произведенные Берцелиусом, а впоследствии определения Стаса (1813 — 1891), считавшиеся до последнего времени идеальными по точности, неопровержимо доказали, что атомные веса не выражаются целыми числами, хотя и нельзя отрицать, что большинство их более или менее приближается к этому идеалу.

И вот замечается, что, по мере увеличения точности измерений, все меньше становится основная единица, определяющая атомный вес „праматерии“. Уже Дюма был вынужден принять за единицу половину атомного веса водорода, а его последователи, не желая отказаться от мысли о сложном характере атомных чисел, должны были довольствоваться четвертью и даже восьмой частью указанной

единицы. Понятно, что вследствие этого величина атомного веса „праэлемента“ вскоре стала меньше погрешностей, неизбежных при определении атомных весов, и таким образом весь этот вопрос был окончательно перенесен из области опыта в страну мифов и фантазии.

Несмотря на это, мысль о существовании „праматерии“ повторяется по временам в различных сочинениях; мы находим ее как у первостепенных исследователей (Крукс, Локиер и другие), так и у начинающих полуспециалистов, которые предаются этой заманчивой идее с наивным пылом первой любви к природе. В особенности немецкая популярно-научная литература выбрасывает ежегодно на книжный рынок десятки такого рода продуктов, которые нисколько не вредили бы, если бы... не были напечатаны.

В новейшее время Николай Александрович Морозов в совершенстве развил мысль о существовании „праэлемента“ на основании подробного изучения фактического материала. Эта теория зародилась и была выношена под сводами Шлиссельбургского каземата. В гипотезе Морозова старательно развита аналогия между неорганическими элементами и гомологичными соединениями углерода и водорода. В неорганической химии гелий должен играть такую же преобладающую роль, как углерод в органической. Но сам „праэлемент“ обладает гипотетическим характером. Автор называет его „архоном“ и приписывает ему следующие свойства: атомный вес его равен 2, атомность же 8; восемь связей, соответствующих атомности архона, направлены к восьми плоскостям правильного восьмигранника. Все производные (т.-е. действительные элементы) получаются от соединения нескольких атомов „архона“ и прибавления различных количеств „протогелия“ и „протоводорода“ [1]).

Историческая критика, к сожалению, не может предсказать этим гипотезам прочного успеха. Как я уже упомянул в одной из предыдущих лекций, эволюция элементов, продолжавшаяся в течение столетий, от Аристотеля до Ван Гельмонта и завершенная бессмертным Лавуазье, привела к тому, что элементами были признаны реальные тела,

[1]) Новейшие исследования распада радиоактивных элементов (о которых речь будет в последней лекции) составили неожиданное подтверждение этих самых предположений.

те вещества, которые можно действительно получить путем разложения составных тел, и из которых можно обратно построить эти последние.

В виду неоцепимых достоинств этого основанного на опыте определения элементов, наука вряд ли решиться сойти с того пути, по которому она шла в течение веков, чтобы признать гипотетические элементы вроде протоводорода, тем более, что в настоящее время таковые в состоянии дать лишь временное удовлетворение нашему желанию упростить природу [1]).

Хотя в виду этого все попытки основать гипотезы единства материи на атомных весах следует признать неудачными, тем не менее, как часто случается в жизни, подробный разбор этих весов дал плоды там, где их совсем не ожидали, а именно, в химической систематике. Но и в этом вопросе так же, как и в других областях, развитие основной мысли совершалось весьма медленно, и еще медленнее проникала она в общество. Мы сейчас в этом убедимся.

Лишь только Дальтон заложил фундамент атомной гипотезы, лишь только были произведены первые грубые определения атомных весов, Деберейнер стал искать в них правильности. Действительно, ему удалось в 1817 году открыть весьма знаменательное соотношение. Сходные между собою элементы можно сгруппировать в классы, состоящие каждый из трех элементов, — в так называемые триады. Атомный вес среднего члена такой триады приблизительно равен среднему арифметическому весов двух крайних элементов. Это правило триад иллюстрируют следующие примеры:

калий = 39,14 }
цезий = 132,9 } рубидий = 85,4
среднее = 86.0

кальций = 40.0 }
барий = 137.0 } стронций = 87.5
среднее = 88.5

хлор = 35,45 }
иод = 126,85 } бром = 79.98.
среднее = 81.15

С тех пор мысль о закономерной зависимости между химическими и физическими свойствами элементов и их атомными весами не сходит с порядка дня. Лойсен, Петтенкофер, Кремерс, Гладстон и Дюма стараются обоб-

[1]) Однако, в последнее время делаются попытки рассматривать атомы, как скопления электронов и ядер водорода (ср. последнюю лекцию).

щить этот закон, стремятся к открытию „общего“ закона атомных весов. Но лишь в семидесятые годы прошлого века этот скрытый закон выявляется Ньюлендсу и Лотару Мейеру и находит полное выражение в известной периодической системе элементов Менделеева.

В 1864 году Ньюлендс изложил свою мысль о периодичности атомных весов в Королевском Обществе в Лондоне.

— „Если, говорил он, мы расположим все элементы в ряды, по восьми в каждом, по их атомным весам, то убедимся, что через каждые восемь элементов следуют сходные между собою элементы“. Это правило Ньюлэндс назвал законом октав.

Но мысль о зависимости атомных весов от других свойств элементов казалась тогда столь неправдоподобной, что председатель общества обратился к автору с ироническим вопросом:

— „Не пробовал ли референт разместить элементы в алфавитном порядке?“

Это доказывает, что в те времена для защиты закона периодичности атомных весов требовалась, кроме других качеств, еще и значительная доля мужества. Лотар Мейер в своих лекциях уже несколько лет применял систему элементов, основанную на периодичности их атомных весов, но он не решался опубликовать свою систему в научных журналах.

Этой смелостью мысли в редкой степени отличался Менделеев. Со свойственной русским смелой верой во всемогущество идеи, этот ученый, не задумываясь, признал всякие исключения из вышеуказанного закона следствием неполноты наших знаний. Он довел периодическую систему до пределов совершенства и, что всего интереснее, предсказал ряд фактов, которым суждено было осуществиться через весьма непродолжительное время. Менделеев был вполне оригинальной личностью, гением мысли. Быть может, уместно будет остановиться на тех условиях, в которых этот гений появился, блеснул и исчез.

Дмитрий Иванович Менделеев родился в 1834 году в Тобольске. Для физиологов небезинтересным будет тот факт, что Менделеев был в семье шестнадцатым сыном. Отец его был директором Тобольской гимназии. Это обстоятельство

без сомнения способствовало тому, что молодой Дмитрий, несмотря на отвращение к латыни, окончил гимназию.

Н. А. Морозов, биограф Менделеева, передает, что и сестра Менделеева имеет некоторые заслуги в этом отношении. Она вышла замуж за учителя латыни в той же гимназии, где обучался Дмитрий, и молва гласит, что благодаря этому обстоятельству будущий ученый благополучно обошел не одно extemporale, т. е. те камни преткновения, о которые споткнулось много жертв классицизма.

Однако, вскоре Менделеев встретил более серьезные препятствия на пути к дальнейшему образованию. Отец его ослеп; ничтожной пенсии не хватало на удовлетворение самых насущных потребностей семьи. Мать с младшим сыном переехала к брату в Москву. Здесь Дмитрий должен был поступить в канцелярию губернатора и превратить себя в рядового чиновника. Однако, он устоял против этого искушения и, несмотря на недостаток средств, стал хлопотать о приеме в Петербургский Педагогический Институт. Благодаря протекции, без которой в то время в Петербурге ничего нельзя было сделать, он достиг желанной цели: директор Института, бывший товарищ отца Менделеева, принял Дмитрия в общежитие. Таким образом Менделееву дана была возможность получить высшее образование.

Окончив Педагогический Институт, Менделеев получил должность преподавателя в Симферопольской гимназии; эту должность он принял тем охотнее, что его здоровью угрожала серьезная опастность в случае дальнейшего пребывания в петербургском климате. Однако, какая-то внутренняя сила толкала его все дальше. Вскоре он переехал в Одессу и, как только его здоровье окончательно восстановилось, вернулся в Петербург, где стал приват-доцентом университета. Это было в 1856 году. Три года он посвятил на разработку нескольких монографий и на напечатание и защиту магистерской работы под заглавием: „Об удельных объемах".

Менделеев был командирован за границу. В течение двух лет он работал в Гейдельберге под руководством Бунзена, Кирхгоффа и Коппа. Пребывание в этом городе оказало сильное, можно сказать, решающее влияние, на характер дальнейших работ Менделеева; здесь в уме молодого ученого были заронены первые семена физико-химических вопросов, которыми

еще долгое время питался его ум. Особенное влияние оказал на него съезд немецких естествоиспытателей в Карлсруэ в 1860 году. В этом съезде принимали участие и многие не немецкие ученые: Дюма, Вюрц, Канницаро и др.; здесь впервые молекулярная гипотеза получила всеобщее при-



Рис. 66. Дмитрий Иванович Менделеев, профессор общей химии в конце 60-х годов (1834—1907).

знание, и основанные на ней формулы Жерара и Лорана были официально приняты наукой (ср. стр. 170).

Вернувшись из заграничной командировки в 1861 году, Менделеев вновь стал приват-доцентом университета, а в 1863 году сделался профессором Технологического Института; наконец, в 1866 году он стал ординарным профессором неорганической химии в университете. В это время он вы-

пустил обширную докторскую работу о соединениях спирта с водою и первое издание своих известных „Основ химии" Вероятно, при разработке именно этого сочинения он и открыл свой **периодический закон**, представляющий важнейшую из всех его научных заслуг.

Подобно своим предшественникам, Менделеев пришел к убеждению, что атомный вес является существенным основанием для классификации элементов. Если мы известные элементы расположим в ряды по их атомным весам, как это изображено на прилагаемой таблице, то легко убедимся, что они составляют **периоды**. Эти периоды бывают короткие, из 7 элементов, и длинные по 11 элементов. В каждом горизонтальном ряду химические и физические свойства элементов изменяются правильно: так, атомность возрастает от лития к фтору, или от калия к марганцу, с 1 до 7. Точно так же изменяются атомные объемы или температуры плавления. Таким образом в каждом вертикальном ряду находятся сходные, как бы **родственные** элементы: так, в первом ряду мы имеем **одноатомные** щелочные металлы; во втором ряду— двухатомные металлы щелочных земель, в третьем—бор, алюминий и сходные с ними **трехатомные** металлы, в четвертом ряду—**четырехатомный** углерод и т. д. Вместе с атомностью изменяется и химический характер металлов; так, элементы первой группы, например, натрий, калий, рубидий обладают, как известно, сильными основными свойствами, т. е. образуют самые крепкие основания: едкое кали и едкий натр. Далее же в каждом горизонтальном ряду основной характер постепенно исчезает. Соединения углерода уже слабо кислые, а в VII группе, т. е. в соединениях галоидов, кислый характер проявляется в наивысшей степени.

Можно было бы вести эти аналогии и дальше, но большинство из них требует подробных сведений из описательной химии. Здесь же нас, главным образом, интересует влияние, какое оказала эта система на дальнейшую судьбу химии.

Как я уже упомянул во вступлении, Менделеев отличался непоколебимой верой во всемогущество идеи. Периодическую систему он считал законом природы. А так как законы природы не допускают никаких отклонений, то всякие исключения из этой системы Менделеев приписывал несовершенству человеческих знаний: ошибкам в определении атомных

Естественная система элементов Менделеева (1871 г.)

	I группа	II группа	III группа	IV группа	V группа	VI группа	VII группа	VIII группа
	водород = 1	—	—	—	—	—	—	
Типичные элементы	литий = 7	бериллий = 94	бор = 11	углерод = 12	азот = 14	кислород = 16	фтор = 19	
I период, I ряд	натрий = 23	магний = 24	алюминий = 27,3	кремний = 28	фосфор = 31	сера = 32	хлор = 35,5	
I период, II ряд	калий = 39	кальций = 40	? = 44	титан = 50 ?	ванадий = 51	хром = 52	марганец = 55	железо = 56, кобальт = 59, никкель = 59, медь = 63.
II период, III ряд	(медь = 63)	цинк = 65	? = 68	? = 72	мышьяк = 75	селен = 78	бром = 80	
II период, IV ряд	рубидий = 85	стронций = 87	иттрий ? = 88 ?	циркон = 90	ниобий = 94	молибден = 96	— = 100	рутений = 104, родий = 104, палладий = 104, серебро = 108.
III период, V ряд	(серебро = 108)	кадмий = 112	индий = 113	олово = 118	сурьма = 122	теллур = 128?	иод = 127	
III период, VI ряд	цезий = 133	барий = 137	? = 137	церий = 138	—	—	—	
IV период, VII ряд	—	—	—	—		—		
IV период, VIII ряд	—	—			тантал = 182	вольфрам = 184	—	осмий = 199?, иридий = 198?, платина = 197, золото = 197.
V период, IX ряд	(золото = 197)	ртуть = 200	таллий = 204	свинец = 207	висмут = 208	—	—	
V период, X ряд	—		—	торий = 232	—	уран = 240	—	

Современная естественная система элементов (1926 г.)

Ряд	0-ая группа	I группа	II группа	III группа	IV группа	V группа	VI группа	VII группа	VIII группа		
		1. водород 1,009						электрон			
1	2. гелий 4,00	3. *литий* 6,94	4. бериллий 9,02	5. *бор* 10,82	6. углерод 12,00	7. азот 14,008	8. кислород 16,000	9. фтор 19,00			
2	10. *неон* 20,2	11. натрий 23,00	12. *магний* 24,32	13. алюминий 26,97	14. *кремний* 28,06	15. фосфор 31,04	16. сера 32,07	17. хлор 35,46			
3	18. *аргон* 39,88	19. **калий** 39,10	20. *кальций* 40,07	21. скандий 45,10	22. титан 48,1	23. ванадий 51,0	24. хром 52,01	25. марганец 54,93	26. *железо* 55,84	27. кобальт 58,97	28. *никкель* 58,68
4	—	29. *медь* 63,57	30. *цинк* 65,37	31. *галлий* 69,72	32. *германий* 72,60	33. мышьяк 74,96	34. *селен* 79,2	35. *бром* 79,92			
5	36. *криптон* 82,9	37. **рубидий** 85,5	38. *стронций* 87,6	39. иттрий 89,0	40. *цирконий* 91,2	41. ниобий 93,5	42. молибден 96,0	43. мазурий (?) 98,8	44. рутений 101,7	45. родий 102,9	46. палладий 106,7
6	—	47. *серебро* 107,88	48. *кадмий* 112,4	49. индий 114,8	50. *олово* 118,7	51. *сурьма* 121,8	52. *теллур* 127,5	53. иод 126,92			
7	54. *ксенон* 130,2	55. *цезий* 132,8	56. *барий* 137,4	57. лантан 138,9	58. *церий* 140,2	59. празеодимий 140,9	60. *неодимий* 144,3; 61. иллиний (?) —	62. самарий 150,4	63. европий 152,0	64. гадолиний 157,3	65. тербий 159,2
8	66. диспрозий 162,5	67. гольмий 163,5; 68. эрбий 167,7	69. туллий 169,4	70. иттербий 173,5; 71. лютеций 175,0	72. гафний 178,3	73. тантал 181,5	74. вольфрам 184,0	75. рений (?) (187)	76. осмий 190,9	77. иридий 193,1	78. платина 195,2
9	—	79. золото 197,2	80. *ртуть* 200,6	81. *таллий* (204,4)	82. свинец 207,2	83. *висмут* 209,0	84. **полоний** 210,0	85. —			
10	86. **эманация** 222,0	87. — —	88. **радий** 226,0	89. **актиний** (226)	90. **торий** 232,1	91. **протактиний** (230)	92. **уран** 238,2	— —			

Курсивом напечатаны элементы, образующие несколько изотопов (ср. лекцию XI). **Жирным шрифтом** напечатаны радиоактивные элементы. Перед названиями элементов указаны их порядковые числа. Под названиями элементов указаны их атомные веса.

весов и незнанию некоторых элементов. Оба эти предположения оправдались в действительности.

Атомные веса, исправленные Менделеевым, в нескольких случаях оказались согласными с результатами исследования; лишь в одном случае исключение удержалось до настоящего времени: вопреки периодической системе, атомный вес теллура больше, чем иода. Подобные же исключения мы наблюдаем еще в порядке следования друг за другом кобальта и никкеля, а также открытого в новейшее время аргона и калия.

Более поразительное впечатление произвело сбывшееся предсказание новых элементов. Везде, где в периодах оставались пробелы, Менделеев поставил вопросительные знаки. Все эти пустые места соответствуют, по его мнению, новым, неизвестным элементам. Их атомные веса можно было определить наперед посредством интерполяции; физические же и химические свойства их Менделеев предсказал на основании аналогии с другими, известными элементами той же группы. Здесь также счастье улыбнулось великому русскому химику.

В чрезвычайно короткие промежутки времени открыт был целый ряд новых элементов, исследование которых вполне подтвердило предсказания Д. И. Менделеева. Открытие новых элементов могло быть сделано только благодаря изобретению особого прибора, позволяющего находить каждый отдельный элемент даже тогда, когда он находится в чрезвычайно ничтожном количестве, и притом в соединении или в смеси с другими элементами. Такую роль сыграл спектроскоп, который был введен в химию Кирхгоффом и Бунзеном.

В 1821 г. Фрауенгофер подробно изучил солнечный спектр, который легко получить, пропуская свет солнца через стеклянную призму. Этот исследователь нашел, что в солнечном спектре существуют черные линии. Они были обозначены буквами: A, B, C, D, E, F, G, H. Физическое значение этих линий оставалось неизвестным в продолжение 35-ти лет. Кирхгофф впервые дал общую теорию явлений поглощения света, и тем основал спектральный анализ.

На основании теоретических соображений, вытекающих из закона сохранения энергии и опытных данных, Кирхгофф пришел к открытию весьма важного общего закона, который

гласит: во всех телах при данной температуре существует постоянное отношение между способностью тела испускать лучи данной длины волны и способностью поглощать эти лучи. Отсюда следует, что всякое тело в накаленном состоянии испускает определенные лучи, а именно те, которые оно же способно поглощать при данной температуре. Таким образом, линии Фрауенгофера объясняются присутствием в атмосфере солнца некоторых элементов и соединений, поглощающих лучи определенной длины.

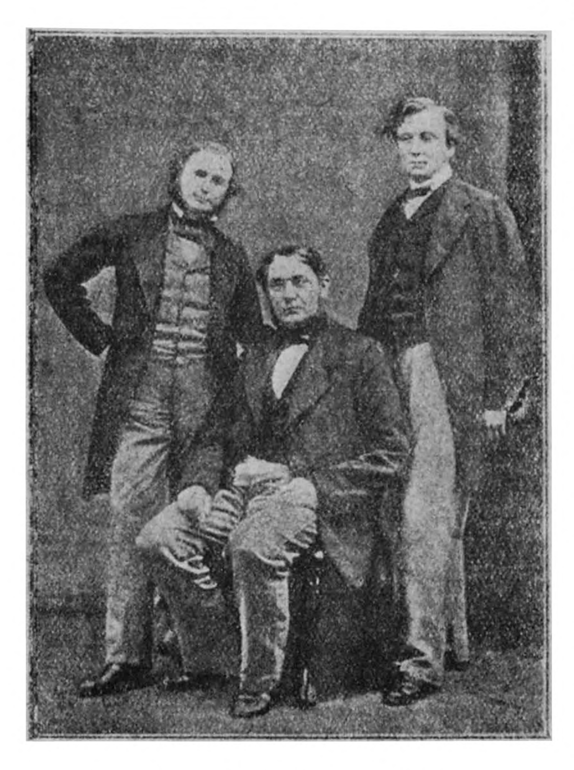


Рис 67. Бунзен, Кирхгофф, Роско.

Бунзен и Кирхгофф определили затем спектры, испускаемые лучами очень многих элементов и соединений. Явилась возможность узнавать тела по их спектру; этот способ и получил название спектрального анализа.

С помощью спектроскопа французский исследователь Лекок-де-Буабодран в 1875 году открыл новый элемент „галлий“, с атомным весом 70. Галлий занял третье место в третьем ряду периодической системы. Действительные свойства этого элемента обнаружили удивительное согласие с предсказаниями Менделеева относительно „эка-бора“. В 1879 году Нильсон открыл „скандий“, а в 1886 году Винклер открыл „германий“. Эти открытия опять вполне подтвердили все то, что предсказал Менделеев относительно „эка-алюминия“ и „эка-кремния“, и дополнили его систему элементов.

Сбывшееся пророчество вызвало сенсацию во всем ученом мире. Периодическую систему стали перепечатывать и применять во всех странах. Имя Менделеева приобрело громкую известность.

Но научной деятельности русского ученого суждено было преждевременно прерваться.

В 1890 году начались беспорядки в высших учебных заведениях России. Особенно сильно волнения проявились в Петербургском университете. Менделеев присутствовал на одной студенческой „сходке“, и студенты обратились к нему с просьбой вручить министру их петицию с рядом требований. Менделеев повез эту петицию министру; тот же, как и можно было ожидать, вовсе его не принял и вдобавок сделал Менделееву строгое замечание за то, что он вмешивается не в свои дела. В ответ на это Менделеев сейчас же подал в отставку.

Оставив университет, Менделеев, которому тогда было лишь 56 лет, посвятил себя всецело разработке технических вопросов. По предложению С. Ю. Витте, тогдашнего министра финансов, он был назначен членом „Совета торговли и промышленности“. Будучи горячим сторонником развития промышленности в России, Менделеев содействовал бывшему министру финансов в проведении его протекционной политики.

Последние годы своей жизни Менделеев отдался работе в основанной по его инициативе Палате Мер и Весов. В задачи этой Палаты, помимо основных научных измерений, входило постепенное введение в практическую жизнь метрической системы и наблюдение за мерами и весами. Но эти практические цели осуществлены лишь в последнее время.

Менделеев скончался на 73 году жизни, 20-го января 1907 года.

Естественная система элементов, казалось, установила окончательно границы дальнейшего размножения новых элементов. После открытий Лекок-де-Буабодрана, Нильсона и Винклера следовало ожидать новых открытий, которые должны были заполнить остальные пробелы в периодической системе. Но здесь действительность не оправдала

ожиданий. Некоторые промежутки остались до настоящего времени. Но за то были открыты новые элементы там, где их вовсе не ожидали.

Среди многочисленных тел окружающей нас природы, ни одно, пожалуй, не было столь часто и столь подробно исследовано, как воздух. Со времени основных работ Пристлея, Шееле и Лавуазье было известно, что „чистый" воздух состоит из двух газов: азота и кислорода.

Объемное отношение этих газов было определено много раз; оно оказалось вполне постоянным: в 100 объемных частях воздуха содержится 79 частей азота и 21 часть кислорода.

В 1892 году лорд Рэлей занялся определением плотности атмосферного азота. Владея огромными поместьями, Рэлей устроил в собственном имении в Terling Place роскошную лабораторию и производил в ней физико-химические измерения с чрезвычайной точностью. Исследуя азот воздуха и сравнивая его плотность с плотностью азота, полученного искусственным путем из азотных соединений, Рэлей заметил разницу. Плотность атмосферного азота равна 2,31. плотность же искусственного азота составляла лишь 2,30. Разница была невелика, так как выступала лишь в третьем знаке. Но и этого было достаточно, чтобы побудить Рэлея к дальнейшим исследованиям.

Эти исследования, которые Рэлей произвел вместе с Рамзаем, привели к открытию нового газа. В виду того, что этот последний химически еще менее деятелен, чем азот, и не соединяется ни с одним элементом, его назвали аргоном („недеятельный"). Содержание его в воздухе составляет немного менее 1%. Рэлей и Рамзай тщательно очистили аргон и исследовали его плотность, спектр и другие физические свойства в газообразном состоянии. Почти одновременно с этим проф. Ольшевскому в Кракове удалось ожижить этот газ и определить физические свойства жидкого аргона.

Новому пришельцу нужно было дать место в периодической системе. Атомный вес аргона составляет 39,9; в виду этого следовало поместить его между калием и кальцием. Но там не было свободного места. Таким образом, вопрос об отношении аргона к периодической системе весьма осложнился; более горячие сторонники этой системы, в том

числе и сам Менделеев, склонны были вследствие этого лишить аргон права считаться элементом, и предлагали признать его видоизменением азота. Но неутомимые усилия Рамзая, этого гениального экспериментатора, привели к совершенно неожиданному решению этого вопроса.

Распространено мнение, что великие открытия совершаются в молодых летах. Вильям Рамзай представляет живое отрицание этого правила. Он родился в 1852 году в Глазгове, и докторскую работу защитил в 1872 г. в Тюбингене по окончании курса наук в родном городе. Достойно внимания то обстоятельство, что он окончил университетский курс уже на 18-ом году жизни, т.-е. в том возрасте, когда у нас самая способная часть молодежи едва успевает справиться с аттестатом зрелости. Уже в 1880 г. мы видим Рамзая в Бристоле на профессорской кафедре, которую он занимал до 1887 г., т.-е. до приглашения в Лондон в University College.

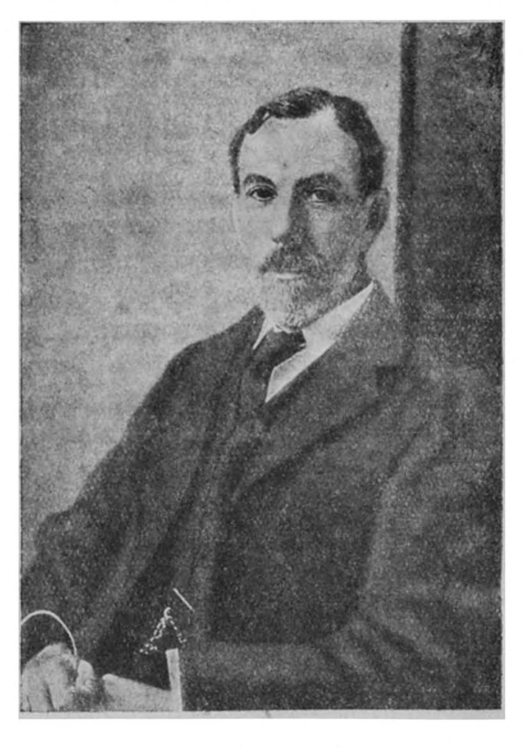


Рис. 68. Вильям Рамзай (1852—1916).

Первые работы величайшего из современных химиков не предвещали ничего особенного. Они содержали изыскания относительно критического состояния вещества; эти работы сам Рамзай впоследствии называл своими грехами молодости. Только в середине девяностых годов, в произведенных совместно с Юнгом работах об упругости паров

жидкостей, Рамзай обнаружил свои экспериментаторские способности: неутомимую настойчивость и удивительную точность при выполнении физико-химических измерений. Те же свойства сказываются и в последующих исследованиях этого автора о „молекулярной поверхностной энергии жидкостей“. Когда исследованиями Рэлея и Рамзая было доказано существование аргона, невозможность поместить этот новый элемент в прежней периодической системе навела Рамзая на мысль, что кроме аргона в природе должен существовать целый ряд других неизвестных газов, сходных с аргоном и принадлежащих к одной группе периодической системы.

Разыскивая соединения аргона с другими элементами, Рамзай занялся исследованием газа, содержащегося в минерале клевеите. Этот газ был первоначально подвергнут анализу Гиллебрандтом, который признал его азотом. Рамзай повторил это исследование и был щедро вознагражден за точность исследования. Спектр газа, заключавшегося в клевеите, содержит те же полосы, которые Локиер нашел в солнечном спектре. Плотность этого газа всего вдвое больше плотности водорода. Ясно, следовательно, что мы здесь имеем новый газ. В виду присутствия этого газа в хромосфере солнца, Рамзай назвал его „гелием“ (ἥλιος — солнце).

Следовало ожидать дальнейших открытий. Но здесь именно Рамзаю пришлось подвергнуться трудному испытанию. Все поиски новых газов в минералах, метеоритах и минеральных водах, произведенные Рамзаем совместно с его молодым талантливым ассистентом Траверсом, были безуспешны. Не привели также к желаемому результату кропотливые и дорого стоившие попытки тщательного очищения аргона и гелия.

Приблизительно к тому же времени английский инженер Гампсон изобрел новую машину для ожижения воздуха, который еще раньше был получен в жидком виде и исследован Врублевским и Ольшевским, профессорами Ягеллонского университета в Кракове.

С помощью этой новой машины в настоящее время можно сравнительно дешево получить значительные количества жидкого воздуха. Так как жидкий воздух кипит под давлением одной атмосферы при весьма низкой температуре, а именно, около — 180°, то он представляет собою удобное охлаждаю-

щее средство и вместе с тем является источником чрезвычайно интересных опытов. Он именно помог открыть искомые новые элементы группы аргона. Послушаем, как Рамзай описывает это открытие.

— „Желая изучить искусство работы с этим необыкновенным материалом, я попросил у д-ра Гампсона один литр жидкого воздуха. Д-р Траверс и я играли им, производя различные мелкие опыты, чтобы подготовиться к большому опыту, т.-е. к ожижению аргона. Однако, мне жаль было испарить весь запас жидкого воздуха, не подвергнув исследованию остальной части. Ибо, хотя этот искомый газ, вероятно, не мог в ней заключаться, но не представлялось невозможным, что аргон сопровождается более тяжелым газом. Это предположение и подтвердилось“.

В этой мало летучей части воздуха были открыты два новых газа: криптон и ксенон с атомными весами 82 и 128. Из наиболее же летучей части воздуха был выделен еще один газ, более легкий, чем аргон: это — неон, обладающий атомным весом, равным 20. Таким образом, вопрос об отношении аргона и его товарищей к периодической системе в настоящее время можно считать вполне решенным. Так как эти элементы не соединяются с другими, то можно им приписать валентность, равную 0, и поместить их в нулевой группе, т.-е. впереди щелочных металлов первой группы. Следовательно, эти открытия не только не подорвали периодической системы, но, напротив, дополнили ее совершенно неожиданным образом.

Чтобы выполнить намеченную программу этих лекций и довести очерк развития химии до настоящего времени, я намерен посвятить несколько страниц новейшему вопросу современной химии, — радию и его удивительным свойствам. К сожалению, недостаток времени не позволяет мне развить эту тему в таком объеме, какой соответствует научному значению относящихся сюда вопросов.

Несомненно, среди научных переворотов, которыми славится молодой 20-ый век, первое место занимают открытия, связанные с радием. Теперь уже почти не верится, что лет 30 тому назад мы еще ничего не знали ни о существо-

вании радия, ни о существовании нескольких дюжин других элементов, которые по своим мощным действиям должны были бросаться в глаза. Легко, однако, вспомнить то изумление, которое произвели на нас первые сообщения Беккереля об уране и супругов Кюри о радии и полонии [1]).

История науки доказывает нам, что самыми важными открытиями мы обязаны случаю. Радий открыт был случайно. Это был, однако, не тот слепой случай, который руководит игроком, а скорее премия, достающаяся честному труженику на научной ниве в награду за его труд. Ибо без затраты работы нельзя совершить ни одного открытия.

Лет 20 тому назад Рентген открыл, что при электрическом разряде в трубке с весьма разреженным воздухом, из трубки выходят особого рода лучи, невидимые глазу. Эти лучи, действующие на фотографическую пластинку, отличаются, как известно, способностью проникать сквозь предметы, непрозрачные для обыкновенных световых лучей, и некоторыми другими таинственными свойствами. Вследствие этого Рентген назвал их X-лучами; в науке же эти лучи, нашедшие неоценимые применения в хирургии и диагностике, получили название Рентгеновских лучей в честь того, кто своим открытием оказал человечеству такую огромную услугу.

После этого открытия усилился интерес к лучам вообще, и исследователи занялись изучением различных светящих и несветящих тел в отношении их лучеиспускательной способности.

В 1896 году знаменитый французский физик Анри Беккерель подвергнул исследованию урановые соли. Эти соли не принадлежат к числу редких веществ: они находят обширное применение в промышленности, а именно, при выделке минеральных красок. Подобно многим другим солям, они отличаются свойством светиться после предварительного сильного освещения. Это было издавна известно и неоднократно исследовано. Но поразительно было то, что испускаемые урановыми солями лучи, как оказалось, могут проникать сквозь непрозрачные тела, и даже сквозь металлы, в особенности же сквозь алюминий. Но мало того, более точные

[1]) Клод Нисефор Нипс де Сен Виктор в 1858 г. наблюдал явления радиоактивности соединений урана, но не понял их значения.

исследования доказали, что нет необходимости предварительно освещать эти соли: они светят даже после того, как продолжительное время находились в темноте.

Таким образом в этих веществах был открыт неисчерпаемый на первый взгляд источник света, и этот факт казался сам по себе столь важным в теории и практике, что требовал самого подробного и всестороннего исследования. Оно и было вскоре предпринято супругами Кюри.

Пьер Кюри был профессором физики в Сорбонне. Уже первые исследования свойств кристаллов, а затем изучение магнитных и диамагнитных свойств различных тел обратили на него внимание научных светил. Избегая, однако, известности он оставался в тени до тех пор, пока важное значение вопросов и полученных результатов по необходимости не поставили его в ряду всемирных знаменитостей.

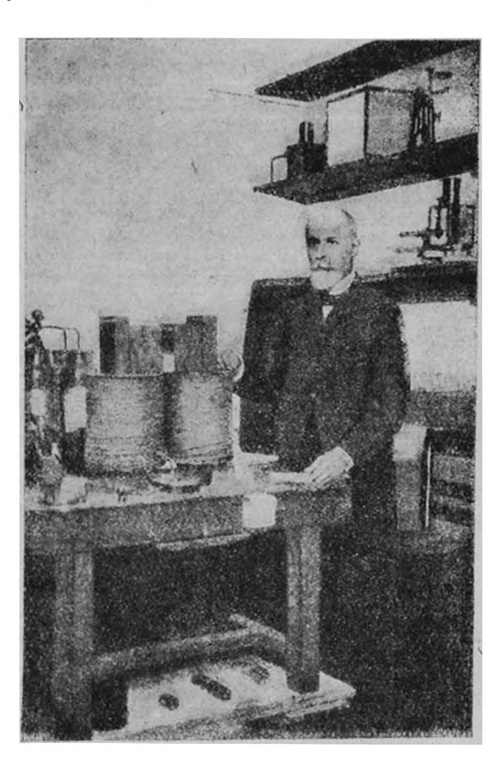


Рис. 69. Анри Беккерель (1852—1908).

Мария Кюри, урожденная Склодовская, дочь учителя математики в Варшаве, вынуждена была за пределами родины искать доступа к науке, которая для женщин тогда еще была обставлена препятствиями.

Мария Склодовская изучала в Париже химию под руководством Лешателье, известного своими исследованиями по теории стали. Здесь она познакомилась с Пьером Кюри, с которым вступила в брак. Это был необыкновенно счастливый союз, прежде всего по гармонии душ, и, что более замечательно, по редкой гармонии научных интересов супругов. Они как бы олицетворили собою соединение физики и химии,

т.-е. тех двух наук, крепкий союз которых, как мы видели неоднократно, всегда составлял необходимое условие успехов каждой из них в отдельности.

Исследования урановых лучей навели супругов Кюри на мысль, что излучения урановых солей обязаны своим происхождением примеси нового элемента. Госпожа Кюри назвала этот элемент полонием, в честь своей родины. К сожалению, до сих пор еще не удалось получить этот элемент в достаточно чистом виде, чтобы можно было экспериментально определить его атомный вес.

Зато более успешными оказались поиски другого лучеиспускающего элемента, который получил название „радия“ (т.-е. лучеиспускающего).

Ныне уже трудно оценить значение этого открытия. Ибо теперь мы знаем, что радиоактивность (так названо было таинственное свойство лучеиспускания) должна составлять свойство новых элементов. Но 30 лет тому назад, когда еще ничего не знали об этих элементах, предположение, которое руководило супругами Кюри в их исследованиях, было только гипотезой, которая могла оправдаться, но могла также быть опровергнута фактами. Поэтому требовалась не только известная доля смелости, чтобы допустить эту мысль, но и глубокая вера в ее истинность и удивительный запас терпения, чтобы преодолеть чрезвычайные затруднения при опытном решении этой проблемы. Главное затруднение заключалось и заключается еще и теперь в том, что радиоактивные вещества встречаются в природе лишь в весьма рассеянном виде.

Среди различных минералов, которые госпожа Кюри исследовала со стороны радиоактивности, особенное ее внимание обратила на себя смоляная руда из Иоахимсталя в Чехии. Смоляная руда применяется в промышленности при фабрикации желтой урановой краски и уранового стекла. Но так как эта руда стоит довольно дорого, то госпожа Кюри подвергла переработке остатки этого минерала, выбрасываемые фабриками урановых красок. Эта переработка имела целью выделение искомого нового элемента и была очень сложна. Остатки выщелачивались сперва едким натром, затем на нерастворимую в щелочи часть действовали соляной кислотой. Так как полученный этим путем раствор содержал еще

значительное количество бария, представляющего видную составную часть руды, то следовало удалить из раствора барий, что также требовало довольно сложной манипуляции. Но этот бариевый осадок оказался гораздо более лучеиспускающим, чем первоначальный продукт. Отсюда естественно было заключить, что этот осадок содержит искомый элемент, названный „радием“ т.-е. лучеиспускающим. С помощью кропотливых операций, состоявших в многократном растворении и осаждении лучеиспускающего бария, госпоже Кюри удалось, наконец, получить этот новый элемент в совершенно чистом виде.

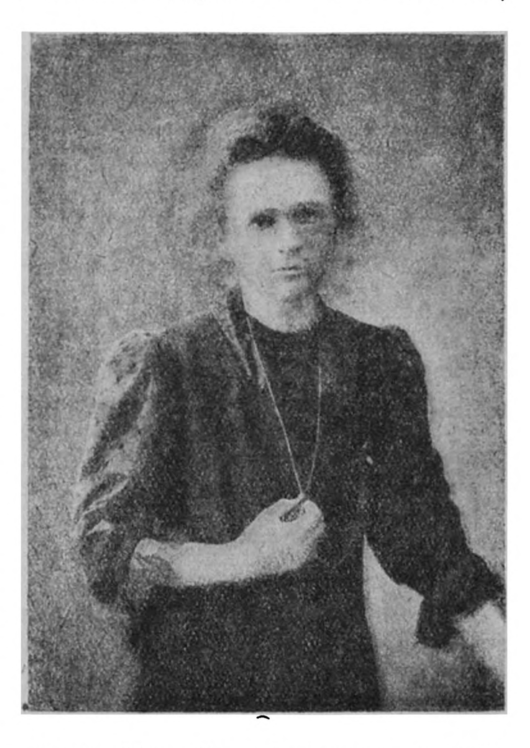


Рис. 70. Мария Кюри-Склодовская (р. 1867).

Чтобы дать здесь некоторое представление о чрезвычайных трудностях, которые пришлось преодолеть госпоже Кюри, раньше чем ей удалось достигнуть этих результатов, я упомяну, что 5.000.000 частей смоляной руды содержат всего одну часть радия: из целой тонны остатков руды получается 8 килограммов бариевого остатка, содержащего радий. Количество же радия, или, вернее, количество радиевой соли, какое можно извлечь из осадка, составляет лишь несколько миллиграммов.

В 1899 году я имел счастье присутствовать на докладе, сделанном госпожей Кюри в Варшаве, в немногочисленном собрании варшавских химиков. Знаменитая исследовательница докладывала тогда о своих первых исследованиях и демонстрировала, между прочим, маленькую трубочку, содержавшую несколько миллиграммов высокопроцентного радиоактивного препарата. Тогда ее мечтой было получить

10 миллиграммов **чистого** бромистого радия для того, чтобы определить атомный вес этого элемента. Действительность далеко превзошла эту мечту. Теперь общее количество радиевых солей, полученных до сих пор, превышает **100 граммов**. Атомный же вес радия определен с такой же точностью, как атомные веса самых распространенных элементов. Атомный вес радия равен 226,0. Радий принадлежит к элементам, состоящим из самых тяжелых атомов. Только торий и уран обладают большими атомными весами, и, что весьма замечательно, они тоже отличаются радиоактивностью. Мы далее увидим, что эти два свойства, т.-е. большой вес атомов и радиоактивность, находятся в тесной связи между собой.

После того, как был определён атомный вес радия, не оставалось никаких сомнений в том, что он представляет собою элемент. Радий получил надлежащее место в таблице периодической системы. По своим химическим свойствам радий следует причислить ко второй группе системы, где он занимает место ниже ртути (см. периодическую таблицу элементов к стр. 254). По своим химическим свойствам радий более всего сходен с барием.

Только в 1911 году г-жа Кюри и Дебиерн получили элемент радий в чистом виде, подвергая электролизу раствор хлористого радия. Так как радий, подобно другим металлам щелочных земель, разлагает воду, то его можно было выделить из водного раствора только благодаря применению ртути, как катода. Элемент радий представляет собою **металл**, отличающийся серебристым блеском. Он энергично разлагает воду. На воздухе радий чернеет, повидимому, вследствие того, что соединяется с азотом воздуха; он плавится при 700° и отличается сильной радиоактивностью точно так же, как и его соединения.

По внешнему виду радий не обнаруживает ничего такого, что заставляло бы выделить его из ряда остальных 80-ти элементов: ничего, кроме радиоактивных свойств!

Свойства эти поистине удивительны. С самого начала исследований супругов Кюри и до наших дней внимание всего ученого мира устремлено к этому чудесному элементу. Каждый год приносит все новые и более поразительные открытия в этой области.

В этой вот трубке помещается всего несколько миллиграммов бромистого радия, который, хотя и не вполне чист, однако, представляет собою капитал в несколько тысяч рублей. Цена радия долгое время все возрастала, и притом очень быстро, вследствие монополии австрийских копей [1]. Поэтому помещение капиталов в этом интересном препарате было бы наиболее выгодно, если бы не одно обстоятельство, о котором я скажу потом.



Рис. 71. Пьер Кюри (1859—1906).

Прежде всего мы видим, что бромистый радий светит. Это — слабый свет, напоминающий свечение фосфора. Радий не только светит сам, но обладает также способностью сообщать это свойство другим телам. Некоторые тела, находящиеся вблизи радия, становятся также лучеиспускающими. Но их излучение спустя некоторое время прекращается. К таким веществам, фосфоресцирующим под влиянием радия, принадлежат некоторые минералы, например, виллемит и сидотова руда (сернистый цинк). Естественные алмазы под влиянием радия испускают в темноте прекрасный свет. Искусственные (поддельные) алмазы не обнаруживают фосфоресценции и могут быть таким образом легко отличены от натуральных камней. Особенно сильно под влиянием радия флуоресцируют платиновоцианистые соли, которые, как

---

[1]) В настоящее время цена падает и дошла в Бельгии до 37—50 долларов за миллиграмм.—О русском радии см. В. Хлопин. Радий и его получ. из русск. сырья Тр. по изуч. радия и радиоактивн. руд. Изв Ак. Н. Вып. I. 1924 г.—Его же. Успехи радиоактивности в СССР Труды IV Мендел. съезда. НХТИ. 1926, 166—177.

известно, применяются также при рассматривании рентгеновских лучей. Замечательно то обстоятельство, что платиновоцианистый барий испускает прекрасный зеленоватый свет, похожий на свет светлячков; платиновоцианистый стронций испускает красный свет, а платиновоцианистый кальций — желтый. Таким образом, мы наблюдаем здесь как бы повторение тех цветов, которые преобладают в спектрах испускания солей этих металлов.

Характерное свойство лучей, испускаемых радием, состоит в том, что они проникают чрез непрозрачные тела. Если я помещу между трубкой с радием и экраном, покрытым платиновоцианистым барием, кусок толстой папки, то свет немного ослабевает, но не исчезает. Мы замечаем свечение даже тогда, когда заменим папку пятаком или серебряным рублем.

Фотографическая пластинка еще более чувствительна, чем глаз. Так как лучи радия обладают свойством проникать сквозь непрозрачные тела подобно рентгеновским лучам, то при помощи радия можно получить снимок кошелька с содержащимися в нем монетами. Снимки, полученные радиографическим способом, менее отчетливы, чем рентгеновские. Это объясняется, во-первых, тем, что лучи радия отличаются гораздо большей способностью проникать сквозь тела, чем рентгеновские. Они проходят сквозь металлические пластинки толщиною в несколько десятков сантиметров. Во-вторых, на отчетливость снимков вредно влияет то обстоятельство, что лучи радия, как мы сейчас увидим, неоднородны: они состоят из нескольких категорий лучей, отличающихся неодинаковой способностью проникать сквозь тела. Чтобы получить отчетливые снимки, мы должны поэтому исключить некоторые лучи посредством электромагнита (см. ниже).

Самым чувствительным прибором для доказательства присутствия минимальных количеств радиоактивных веществ является электроскоп.

Если мы обыкновенный электроскоп, известный всем из элементарной физики, зарядим прикосновением натертой сургучной или эбонитовой палочки, то листочки разойдутся. Они лишь медленно возвращаются к своему первоначальному положению, вследствие несовершенной изоляции электроскопа и воздуха. Этот последний является, как известно, плохим проводником электричества. Но если мы вторично зарядим

электроскоп и приблизим к нему трубку с радием, то заметим, что теперь электроскоп моментально разряжается. Отсюда мы заключаем, что лучи радия увеличивают проводимость воздуха. Это именно обстоятельство и послужило в руках супругов Кюри точным и верным средством для количественного определения радиом активности первых полученных ими препаратов. Этим же методом мы пользуемся и теперь для нахождения количественного определения весьма незначительных количеств радиоактивных веществ в воздухе, в минеральных источниках или в почве.

Чувствительность этого метода превосходит чувствительность всех аналитических методов, предложенных до сих пор. Достаточно сказать, что при помощи чувствительного электрометра мы можем с уверенностью доказать присутствие одной пятидесятимиллионной доли миллиграмма. Если бы мы взяли столько радиевой соли, сколько остается на кончике ножа, и разделили это количество поровну между всеми жителями всего земного шара, то каждой полученной частицы радия было бы достаточно для того, чтобы можно было обнаружить радий при помощи электроскопа.

Нам уже известно, что электропроводность жидких проводников так же, как и газов, приписывается особым атомам, переносящим с собою электрические заряды. Такие атомы мы называем ионами; поэтому мы говорим, что воздух „ионизируется“ под влиянием лучей радия и других радиоактивных веществ.

Не менее удивительно действие радиевых солей на термометр. Даже при помощи обыкновенного термометра можно убедиться в том, что температура радия всегда на несколько градусов выше температуры окружающей среды. Измерения, произведенные сначала П. Кюри и Лабордом, а затем Дебиерном, Дюаром и др. учеными, доказали, что радий беспрестанно выделяет значительные количества теплоты. Один грамм радия производит в течение часа 118 калорий. В прямом противоречии с законом сохранения энергии радий производит эту теплоту изо дня в день без заметного ослабления, без какого-либо заметного изменения своего состояния. Если принять во внимание, что это образование тепла, как теперь можно считать дока-

занным, продолжается многие столетия, то, суммируя эти количества тепла, мы получаем числа, которые во многие сотни тысяч раз превышают все применявшиеся до сих пор источники теплоты.

Перейдем к исследованиям химических действий радия. Обратим прежде всего внимание на трубку, в которой сохраняется наш радиевый препарат. Мы замечаем, что эта трубочка окрашена в темнофиолетовый цвет. Но когда-то эта трубка была так же прозрачна, как всякий кусок стекла. Изменение цвета вызвано действием радия. Исследования супругов Кюри доказали, что в присутствии радиоактивных веществ этому изменению подвергаются все сорта стекла. Некоторые сорта получают фиолетовую окраску, другие — желтую или бурую. Но до сих пор не удалось еще установить, какие химические изменения столь прочного вещества, каким мы привыкли считать стекло, вызывают эти изменения цвета. Можно предполагать, что виновником является железо, содержащееся в обыкновенном стекле в виде закисных соединений. Под влиянием радия эти соединения окисляются, переходя в окисные соединения. Фиолетовый цвет происходит, быть может, от соединений марганца, прибавляемого к стеклу для ослабления зеленого цвета железистых соединений.

Столь же замечательно окрашивание различных солей более простого состава, чем стекло. Так, например, кристаллы каменной соли желтеют от близкого соседства с радием. Бура, сплавленная в фарфоровой чашечке, становится синей. Эти цвета постоянны или, точнее говоря, сохраняются очень долго. В иных случаях мы замечаем окраску, которая исчезает, коль скоро мы удалим радий. Так, например, сплавленный бромистый калий мы можем действием радия окрасить в синий цвет. Удалив препарат, мы заметим, что эта окраска исчезает, в особенности после нагревания соли.

Влияние радиоактивных веществ на окраску различных минералов точно исследовано в последнее время Дельтером. Но и эти исследования оставили открытым вопрос о том, какими химическими реакциями вызываются изменения цвета минералов.

Некоторые исследователи пытались использовать это влияние для практических целей. Известно, что мы теперь умеем получать искусственным путем некоторые драгоценные

камни, по своим качествам нисколько не уступающие натуральным. Так, от сплавления окиси алюминия с окисью хрома получаются **рубины**, не отличающиеся от натуральных камней ни по своему химическому составу, ни по физическим свойствам. Эти искусственные рубины имеют совершенно такую же цену, как и естественные; самый опытный ювелир не в состоянии отличить одни от других. Но опыты синтеза других драгоценных камней: изумрудов, смарагдов и др.—не привели еще пока к желанному результату, так как искусственные продукты не имеют той окраски, которая обусловливает ценность природных минералов. До сих пор даже не установлено, **каким** веществам последние обязаны своими цветами. И вот наблюдения над влиянием радия на цвет стекол навели **Лаборда** на мысль использовать это влияние для окрашивания драгоценных камней. Он приобрел у ювелира корунды самого дешевого сорта (по 2 франка за карат) и поместил их в ящик с радиевым препаратом. По истечении месяца бесцветные корунды приобрели цвет топаза, а фиолетовые превратились в изумруды. Действие радия было настолько удачно, что тот самый ювелир, который раньше продал эти камни по 2 франка, теперь предложил по 45 франков за карат. Несмотря на это, пока еще не известно, чтобы эти опыты применялись в более широком масштабе, хотя они, быть может, сулят некоторые надежды в будущем.

С научной точки зрения гораздо важнее открытие таких химических превращений, которые требуют **затраты** значительных количеств энергии. Сюда следует причислить:

1) превращение кислорода в озон и

2) разложение воды на водород и кислород.

Разложение воды происходит в присутствии радиевых солей с постоянной скоростью. Из опытов П. Кюри, Дебиерна и Рамзая следует, что 1 грамм радия в течение часа выделяет из воды 0,5 куб. см гремучего газа. Загадочным остается то обстоятельство, что газ, выделяющийся при разложении воды, содержит избыток водорода. Что происходит с остатком кислорода долго оставалось неизвестным; но в последнее время **Кернбаум** доказал, что часть кислорода окисляет воду, образуя перекись водорода.

Под действием радия большинство органических веществ испытывает своеобразное изменение. Сахар при этом буреет, бумага чернеет и распадается; подобное же превращение испытывают и листья растений. Вероятно, лучи радия вызывают окисление этих веществ.

Говоря о химических действиях радия, я не могу умолчать о том разрушающем влиянии, которое он производит на ткани организмов животных, так как и это влияние, вероятно, в конечном итоге вызывается химическими процессами.

Если трубку, содержащую радиевый препарат, приложим к коже, то уже по прошествии короткого времени кожа покраснеет, как после ожога. Если же действие радия продолжается дольше, то появляются более или менее глубокие раны, которые не залечиваются в течение нескольких месяцев.

Действие радия на нервы видно из следующего опыта. Если мы закроем глаза и приблизим радиевый препарат к векам или даже к вискам, то мы получим ощущение света; интересно, что это ощущение получают и слепые, сетчатая оболочка которых не подверглась уничтожению.

Как только стали известны столь энергичные физиологические действия радия, сейчас же последовал ряд попыток применения этого элемента для лечебных целей. В продолжение нескольких лет возникла по этому вопросу обширная литература, о которой я здесь не могу, конечно, распространяться. Я ограничусь лишь общим замечанием, что уже теперь радиотерапия дает весьма хорошие результаты при лечении некоторых кожных болезней, в особенности рака кожи и волчанки. На внутренние органы радий действует слишком сильно, чтобы можно было уже теперь применять его при лечении внутренних болезней. Достаточно указать на опыты Даныша, который доказал, что действие радия на головной и спинной мозг животных уже по истечении одного часа вызывает полный паралич этих органов.

Однако, исследования, произведенные в последние годы. указали самым неожиданным образом на то, что радиоактивные вещества применялись для исцеления больных уже с незапамятных времен, когда никто еще даже не подозревал о существовании радия. Исследованиями Эльстера и Гей-

теля доказано, что радиоактивность распространена в природе. Оказалось, что радиоактивностью обладает и воздух, и атмосферные осадки как дождь, так и снег. Радиоактивность была обнаружена на высоте 2200 метров над уровнем моря и в глубине пещер. Два года тому назад Вульф указал, что воздух внутри знаменитого Симплонского туннеля в высшей степени радиоактивен. Эльстер и Гейтель исследовали воду различных минеральных источников, газы, выделяющиеся из них, и, наконец, почву различных местностей (в особенности грязь, применяемую для ванн); они нашли, что все эти вещества в большей или меньшей мере радиоактивны. Первое место в отношении радиоактивности занимает источник, находящийся на острове Иския (в Италии): он показывает 26 единиц радиоактивности. Источники в Гастейне (в Австрии) содержат 11 единиц, а газы, добываемые из воды этих источников, 70 единиц. Далее, следуют: Баден-Баден (7,6 ед.), Карлсбад (2,7—3,2), Бурбуль (3,1), Наугейм (1,7), Мариенбад (0,5) и много других известных целебных источников. В России измерения радиоактивности производили Ив. Ив. Боргман и А. П. Соколов. Между прочим они доказали радиоактивность целебных грязей Аренсбурга и Куяльницкого лимана в Одессе, и радиоактивность минеральных вод, находящихся на Кавказе, например, в источниках Нарзана. Соколов, кроме того, доказал, что почва различных местностей в высокой степени радиоактивна; особенно этим свойством отличается почва Московской губернии.

Современная бальнеология видит в радиоактивных веществах, находящихся в природных источниках и т. п. целебных средствах, истинную причину их благотворного действия. Так как радиоактивные свойства этих источников непостоянны, то этим можно, по мнению сторонников этой теории, объяснить тот известный факт, что все эти минеральные источники действуют гораздо сильнее на месте своего происхождения, чем после пересылки в отдаленные места.

Мы сейчас увидим, что радиоактивные вещества, встречающиеся в минеральных источниках, находятся преимущественно в газообразном состоянии. Вероятно, они проникают в организм, главным образом, при вдыхании. Благодаря этому, в последнее время наряду с натуральными водами применяется вдыхание радиоактивных веществ, приготовленных

искусственным путем (посредством эманации). Как натуральные радиоактивные воды, так и искусственная эманация применяются теперь с большим успехом при лечении ревматизма, воспалений слизистых оболочек и других хронических болезней. Если принять во внимание, что эти опыты ведутся всего только несколько лет, то мы вправе возлагать на радиотерапию и эманотерапию весьма большие надежды [1]).

Упомянутые выше исследования доказали, что радий и его соединения способны беспрестанно производить и выделять наружу значительные количества **энергии** в виде теплоты или лучистой энергии, или же в виде химической **энергии**, идущей на преодолевание таких сильных сродств, как сродство водорода к кислороду. Возникает вопрос, откуда берутся эти большие количества энергии, которые беспрестанно в течение веков рассеиваются в безграничное пространство вселенной в виде света и теплоты и в виде маленьких электронов, масса которых меньше массы мельчайших из известных атомов, а скорость почти равна скорости света, наибольшей из известных нам скоростей.

Но еще более непонятно то обстоятельство, что радий не только способен сам производить энергию, но может также одарять этой способностью и другие тела. Все предметы, находящиеся в непосредственном соседстве с радием, становятся радиоактивными: они испускают лучи, ионизируют воздух и т. д. Но эта „индуцированная“ (т.-е. наведенная) радиоактивность непостоянна. Она убывает с течением времени и уже спустя полчаса уменьшается на половину. Убывание индуцированной радиоактивности совершается с строгой закономерностью; оно следует тому же общему началу, которому подчиняются **химические** превращения: в каждую единицу времени радиоактивность уменьшается на одну и ту же часть общей радиоактивности вещества в данный момент.

Этот закон убывания радиоактивности, сходный с законом разложения **веществ**, равно как и другие свойства индуцированной радиоактивности, прямо указывают на то, что

[1]) Весьма поучительное сопоставление опытов относительно физиологического действия радия читатель найдет в книге проф. **Лондона**: Das Radium in der Biologie und Medizin. Leipzig, 1911.

мы и здесь имеем дело с особого рода веществом, обладающим радиоактивными свойствами. Если мы потрем предмет, получивший свою радиоактивность от радия, наждачной бумагой, то бумага приобретает радиоактивность, а предмет теряет ее. Из этого опыта следует, что индуцированная радиоактивность сосредоточена исключительно на поверхности предметов в виде весьма тонкого слоя или осадка. Вещество, являющееся носителем этого свойства, мы назовем радиоактивным осадком.

Как и все другие вещества, воздух становится радиоактивным, когда он соприкасается с радием. Пока радий действует на воздух, радиоактивность последнего не меняется. Если, однако, удалить воздух из сосуда, содержащего радиоактивное вещество, то можно убедиться, что радиоактивность постоянно убывает. И в этом случае убывание следует тому же простому закону, как и убывание радиоактивности „радиоактивного осадка". Но оно происходит медленнее. В среднем радиоактивность удерживается в течение 5½ дней.

То, что нам известно об этих чудесных явлениях, всецело основано на исследованиях английского физика Ретгерфорда. Посредством ряда гениально задуманных опытов он доказал, что и радиоактивность воздуха, находившегося в соприкосновении с радием, происходит от образования нового радиоактивного вещества. Ретгерфорд назвал это вещество, обладающее весьма интересными свойствами, эманацией.

Все опыты, произведенные с эманацией, доказали, что она представляет собою газ. Действительно, в 1912 г. Ретгерфорду и Содди удалось, путем охлаждения эманации до температуры жидкого воздуха, перевести эманацию в жидкое состояние. Они получили таким образом бесцветную жидкость, кипящую при —61° и замерзающую при —71°. Эманация, подобно другим газообразным элементам, обнаруживает характерный спектр. По своим свойствам эманация принадлежит к открытой Рамзаем группе благородных газов (см. стр. 261). В последнее время определен атомный вес эманации. Он равен 222, так что в периодической таблице Менделеева этот новый элемент занимает место в нулевой группе под криптоном, самым тяжелым из газов этой группы (см. таблицу периодической системы элементов).

Следует отметить, что радий, одаряя радиоактивностью другие тела, сам ослабевает. По мере того, как образуется радиоактивный осадок и эманация, радиоактивность радия уменьшается. Уменьшение доходит до 75% первоначальной величины радиоактивности. Но если мы этот радий предохраним от дальнейшей потери силы, например, держа его в закрытом сосуде, то он мало-по-малу как бы приходит в себя, и по истечении месяца восстановляется весь его первоначальный запас активности.

Уже эти факты сами по себе доказывают, что радий в самом деле не столь постоянен, как мы раньше предполагали. Они указывают, что источник лучистой энергии этого элемента скрывается, по всей вероятности, в этих столь своеобразных изменениях. Теоретические и экспериментальные изыскания, направленные к решению этой загадки, по своему всеобъемлющему и глубокому значению занимают совершенно исключительное положение между всеми другими научными исследованиями последней эпохи. По своим следствиям они могут быть сравнены с величайшими переворотами, какие когда-либо пришлось переживать точным наукам.

Однако, раньше чем приступить к рассказу о решении загадки радия, я должен познакомить Вас со свойствами и с природой тех лучей, которые беспрестанно испускаются радиоактивными веществами. Анализ этих лучей доказывает, что они неоднородны. Различными способами мы можем разделить лучи радия на три класса, которые обозначаются обыкновенно начальными буквами греческого алфавита: α, β, γ. Эти три класса разнятся друг от друга способностью проникать сквозь вещества и, главным образом, отношением к сильному электромагнитному полю.

Посредством электромагнита мы можем довольно точно разделить эти три рода лучей. Если мы поместим радий в небольшую коробочку из свинца и расположим последнюю между полюсами сильного электромагнита, то заметим, что лучи радия изменят свое направление. Если силовые линии будут проходить перпендикулярно к плоскости экрана, и если мы предположим, что северный полюс магнита находится перед экраном, а южный — позади его, то лучи

альфа отклонятся на небольшой угол **влево**, лучи бета отклонятся весьма сильно **вправо**, лучи же гамма совершенно не отклоняются (рис. 72).

Замечательные различия наблюдаются при исследовании **силы проницания** этих трех классов лучей. Первое место принадлежит лучам гамма, которые проходят через свинцовую пластинку, имеющую 20 сантиметров толщины. Лучи бета менее проницательны. Они поглощаются алюминиевой пластинкой, имеющей в толщину не более одного сантиметра. Наименьшей проницательностью отличаются лучи альфа: так, для поглощения их достаточно взять алюминиевую пластинку толщиною всего лишь в 0,001 сантиметра! Если мы обозначим силу проницания лучей альфа через единицу, то сила проницания лучей бета выразится числом 100, а лучей гамма — числом 10.000.

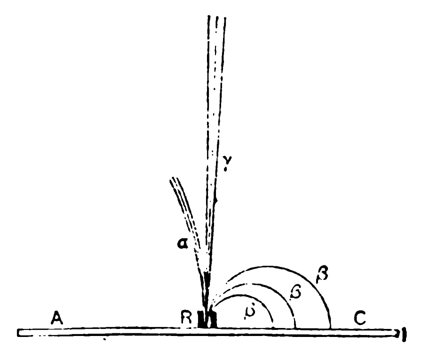


Рис. 72. Распределение лучей радия в магнитном поле.

Обратный порядок мы заметим, исследуя ионизирующую способность и теплопроизводительность этих трех классов лучей. По отношению к этим свойствам первое место занимают лучи альфа. Их ионизирующая способность выражается числом 10.000. Далее следуют лучи бета, ионизирующая способность которых равна 100, а последнее место занимают лучи альфа, ионизирующая способность которых принята за единицу.

Переходя к исследованию **природы** этих различных лучей радия, мы начнем с лучей гамма, о природе которых нам пока меньше всего известно. Они отличаются, главным образом, свойствами отрицательного характера и обнаруживают вследствие этого очень близкое сходство с рентгеновскими лучами, или X-лучами. Они не отклоняются в магнитном поле, они не преломляются и не отражаются. Что касается их силы проницания, то они в этом отношении значительно превышают рентгеновские лучи. Это обстоятельство является, как мною уже указано раньше, причиной того, что радиограммы менее отчетливы, чем рентгенограммы:

гамма лучи проходят и сквозь такие плотные предметы, через которые рентгеновские лучи не могут проникнуть.

Относительно природы рентгеновских лучей физики долго не могли придти к одному определенному взгляду. Нельзя было сказать с полною уверенностью, состоят ли они из маленьких материальных частичек, выбрасываемых в пространство с огромной скоростью, или же происходят вследствие мгновенных электромагнитных возмущений эфира, распространяющихся с такой же скоростью, как и электрические волны. В последнее время умножилось число фактов, говорящих в пользу последнего предположения, в виду чего электромагнитную гипотезу можно в настоящее время приложить и к лучам гамма, испускаемым радием.

Лучи гамма появляются всегда одновременно с лучами бета, и поэтому многие исследователи полагают, что они вызываются последними точно так же, как в разреженных трубках рентгеновские лучи вызываются катодными. Однако, это предположение, хотя само по себе весьма вероятное, пока еще не нашло опытного подтверждения.

Отличительное свойство лучей бета состоит, как мы видели, в том, что в магнитном поле, расположенном известным образом, они отклоняются вправо. Это доказывает, что лучи бета относятся к магнитному полю таким же образом, как проводники, заряженные отрицательным электричеством. В этом отношении β-лучи вполне сходны с теми интересными лучами, которые под влиянием электрических разрядов возникают в трубках, содержащих разреженный воздух. Это — открытые Круксом катодные лучи, названные так потому, что они выбрасываются катодом, т.-е. тем электродом круксовой трубки, который соединен с отрицательным полюсом катушки.

Все свойства катодных лучей, исследованные в последнее время весьма подробно, доказывают с ясностью, не оставляющей сомнений, что эти лучи не могут происходить от волнообразных колебаний эфира, сходных с колебаниями световых волн. Они, следовательно, должны вызываться чем-то другим.

Вспомним, что когда-то относительно природы обыкновенного света существовали две гипотезы. Ньютон предполагал, что лучи света состоят из отдельных частичек ма-

терии, выбрасываемых источником света с чрезвычайной скоростью. Эта гипотеза, известная в науке под названием „эмиссионной“, или гипотезы истечения, пала в борьбе с гипотезой Гюйгенса, рассматривающего свет, как волнообразные колебания эфира. Гипотеза Гюйгенса дала полное объяснение явлений интерференции и поляризации света, с которыми гипотеза Ньютона не могла справиться; поэтому волнообразная теория света победила теорию истечения. Но исследования Крукса над катодными лучами вернули идее Ньютона то почетное место в науке, которого она вполне заслуживает. Действительно, катодные лучи отвечают как раз всем тем требованиям, которые были выставлены гипотезой истечения.

С точки зрения этой гипотезы все действия лучей бета могут быть рассматриваемы, как следствия беспрестанной „бомбардировки“, производимой маленькими материальными частичками, масса которых должна быть в тысячу раз меньше массы самого легкого из всех известных атомов, т.-е. атома водорода. Электрические и магнитные свойства этих частичек доказывают неопровержимым образом, что эти частички одарены электрическим зарядом и что этот заряд — отрицательный. Мы рассматриваем теперь эти частички, как „атомы электричества“ т.-е. элементарные количества электрического заряда, и называем их поэтому электронами. В последнее время произведен был целый ряд классических исследований, которые с большой точностью установили основные свойства электрона: электрический заряд отдельного электрона, его массу и скорость.

Опыты, произведенные Беккерелем и Кауфманном над лучами бета, доказали, что эти лучи по всем своим свойствам вполне совпадают с катодными лучами, состоящими из потока электронов. Оношение величины электрического заряда к массе лучей оказалось равным 10^7, т.-е. тождественным с зарядом единицы массы электронов. Скорость лучей бета составляет около 150000 километров в секунду; она меньше скорости света и немного больше скорости обыкновенных катодных лучей. Впрочем, исследования Даныша доказали, что скорость лучей бета не совсем постоянна; эти лучи также не однородны, а состоят из нескольких пучков лучей, обладающих различными скоростями. Как

бы там ни было, мы можем с полным правом утверждать, что лучи бета, испускаемые радием, — это свободные электроны.

Здесь я должен посвятить несколько слов описанию чрезвычайно интересного прибора, придуманного проф. Стреттом и основанного на действии электронов. Прибор этот носит название радиевых часов и изображен на рис. 73 и 74;

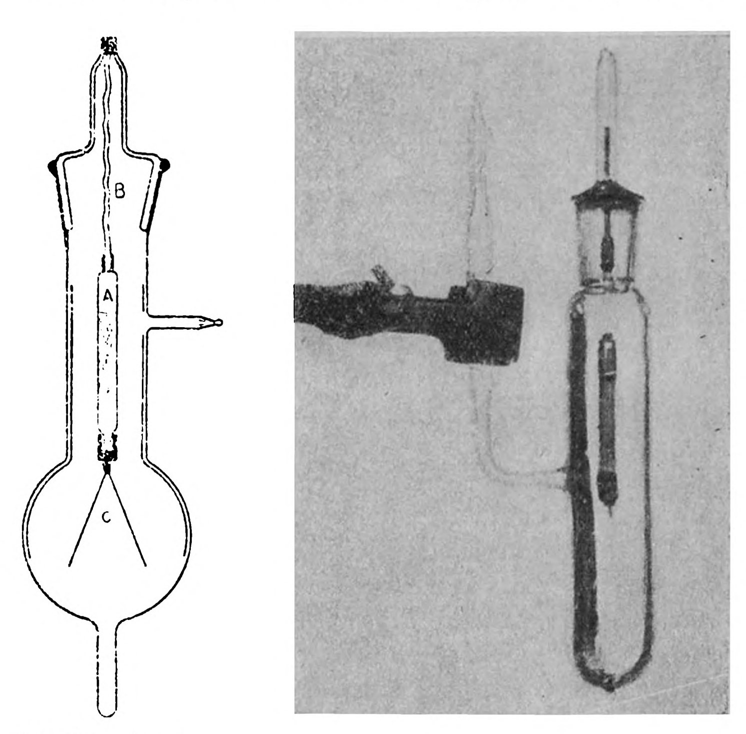


Рис. 73. Радиевые часы Стретта (диаграмма).

Рис. 74. Снимок радиевых часов.

он представляет собою простое видоизменение обыкновенного электроскопа с золотыми листочками. На кварцевой нити висит трубочка, содержащая небольшое количество радиевого препарата. К трубочке прикреплены два золотых листочка. Мы уже знаем, что радий постоянно выбрасывает электроны и что эти электроны уносят с собою отрицательное электричество. Вследствие этого трубочка заряжается положительно. Положительный заряд передается золотым листочкам, и последние вследствие этого откло-

няются, как показано на рисунке. Когда отклонение достигнет определенного угла, один из листочков прикоснется к платиновой проволоке, впаянной в трубку и соединенной с землей. Вследствие этого листочки разрядятся и опадут. Затем они снова начнут расходиться. Эта игра листочков происходит в определенные промежутки времени: каждые 3 минуты листочки сходятся, чтобы сызнова начать свое движение. Мы имеем здесь, таким образом, своеобразные часы, которые совершенно не требуют завода; мы можем назвать их, если угодно, современным „perpetuum mobile"!

Свойства лучей альфа, к описанию которых я теперь перехожу, по своему научному интересу более важны, чем свойства остальных двух классов радиевых лучей. Они-то и дали ключ для разрешения загадки об источнике энергии радия. Лучи альфа отклоняются в указанном выше магнитном поле влево. Отсюда мы должны вывести заключение, что эти лучи, в противоположность лучам бета, заряжены положительно. Отношение величины заряда к массе лучей альфа оказалось равным 6.000; оно, следовательно, гораздо меньше, чем у лучей бета. Скорость их распространения достигает 20.000 километров в секунду.

Изучением лучей альфа мы обязаны Ретгерфорду: он первый нашел, что мы здесь имеем дело с потоком частиц газа, заряженных положительно. Лучи альфа состоят из газовых ионов. На это указывает их масса, соответствующая по порядку величины массе обыкновенных атомов (стр. 169). Из определений массы частичек альфа можно было заключить, что каждая частичка альфа приблизительно в 4 раза тяжелее водорода. Что же это за газ, образующийся непосредственно из радия? Имеем ли мы и здесь дело с новым газообразным элементом? Ряд открытий, последовавших с чрезвычайной быстротой одно за другим, дал совершенно неожиданное и в высшей степени интересное решение этой загадки.

Мы видели, что Ретгерфорду и Содди удалось ожижить радиоактивный газ, выделяющийся из радиевых солей, или т. н. эманацию, которую нужно признать новым элементом. Рамзай и Содди держали этот газ в запаянной трубке и исследовали спектральные линии, появляющиеся во время пропускания электрического разряда через эманацию. Вначале они видели в спектроскопе характерные линии этого

элемента, отличные от спектральных линий других элементов. Но после 3 дней появилась новая желтая линия, характерная для одного из недавно открытых тем же Рамзаем элементарных газов, а именно, *гелия*. Затем одна за другой появились и другие линии этого элемента: получился ясный спектр гелия.

Таким образом впервые путем опыта доказана была возможность *трансмутации*, возможность превращения одного элемента в другой. Вместе с тем был снят покров с одной из самых трудных загадок науки: выяснился источник происхождения энергии радия. Проблема решена, и решена не путем умозрительных рассуждений, а опытом. Однако, как и во многих других научных открытиях, с самого начала руководящей нитью при опытах служила предвзятая мысль или гипотеза. Она-то и указала прямой путь для решения всей проблемы.

Если радий, как и эманация, выбрасывает частички более легкого газа гелия, то этот процесс должен сопровождаться *разложением атомов* радия. Теперь уже можно считать доказанным, что явления радиоактивности не противоречат основному космическому закону, т.-е. закону сохранения энергии. Теперь уже не подлежит сомнению, что источник энергии радия, *повидимому* неисчерпаемый, кроется в *медленном* и непрерывном превращении этого элемента. Можно считать *более* чем вероятным, что это превращение состоит *в разложении радия на два новых элемента*: на новый радиоактивный газ, называемый эманацией, и на известный газ *гелий*, ионы которого, одаренные чрезвычайной скоростью, выбрасываются радием в виде частичек альфа. Мы получаем таки образом нового рода химическое уравнение, — уравнение *разложения* химического *элемента*

радий эманация + гелий.

Частички альфа, выбрасываемые радием,—это атомы гелия. Но эти атомы движутся со скоростью 20.000 километров в сек., т.-е. с такой скоростью, которой мы даже не можем представить себе. Легко вычислить, что при такой огромной скорости частичка альфа могла бы совершить путешествие вокруг земли в 2 секунды. В течение же 21-го часа она успела бы долететь до солнца. Но в действительности она

встречает на своем пути частицы воздуха, сталкивается с ними и отдает им свою кинетическую энергию, которая превращается в теплоту.

Не подлежит сомнению, что частички альфа обладают большим запасом кинетической энергии, чем частицы других веществ. Благодаря именно этой энергии, они дают себя чувствовать даже и тогда, когда их общее количество чрезвычайно мало, — меньше, чем количества других веществ, необходимые для их открытия. Только благодаря своему сильному действию радий и другие радиоактивные вещества

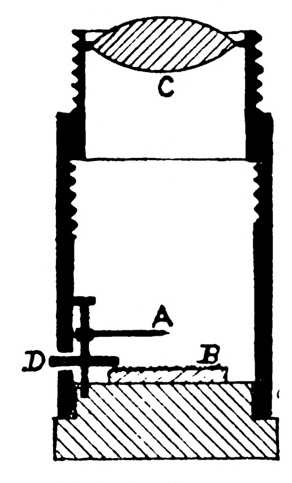




Рис. 75. Рис. 76.
Спинтарископ Крукса (диаграмма и снимок).

могли быть открыты, несмотря на то, что они существуют в природе в лишь весьма рассеянном виде.

Приблизительное представление о тех минимальных количествах радия, которые достаточны для того, чтобы беспрестанно производить действие на наши органы чувств (хотя нет весов достаточно чувствительных, чтобы можно было определить их массу), дает чудесная картина, вызываемая фосфоресценцией в спинтарископе, приборе, изобретенном Круксом (рис. 75 и 76). К нижнему основанию цилиндрической трубки прикреплен экран, покрытый сернистым цинком (обманкой Сидо), который под влиянием радия, как нам известно, испускает свет. Впереди экрана мы видим иголку, на кончике которой содержится ничтожное количество

радиевой соли. Это количество так мало, что свечение экрана не непрывно, а состоит из отдельных искорок или из отдельных светящихся точек. Наблюдая это свечение через увеличительное стекло, мы получаем такое же впечатление, которое мы испытываем, наблюдая в ясную, тихую ночь мерцание звезд на небесном своде. Крукс называет это явление сцинтиляцией.

Таким способом была достигнута возможность наблюдать отдельные атомы, т.-е. осуществлена заветная мечта исследователей (см. стр. 172). В самом деле, каждая искра происходит от удара отдельной частички альфа о частицу сернистого цинка, подобно искре при ударе стали о камень. Посредством этого метода Ретгерфорд нашел, что 1 грамм радия выбрасывает 36 миллиардов частичек альфа в секунду. Этот результат совершенно точно совпал с заключениями, выведенными из других опытов, и сделал возможным определение абсолютной величины частицы гелия. В VII лекции я уже указал, что полученное таким образом число очень хорошо согласуется с результатами, которые почти одновременно были получены из определения скорости Броуновского движения, а также с результатами расчетов, произведенных еще раньше на основании самых разнородных физических явлений.

После этой экскурсии вернемся к исследованиям дальнейшей судьбы эманации. В сравнении с радием она живет весьма короткое время. Она разрушается, как и радий, только несравненно быстрее. Согласно общему закону распада радиоактивных веществ, скорость разложения эманации прямо пропорциональна количеству вещества. Таким образом определено, что каждую секунду подвергается разрушению $\frac{1}{500.000}$ того количества эманации, которое существовало в начале данного момента. Это число, называемое скоростью превращения или постоянной радиоактивности и обозначаемое для краткости греческой буквой λ, представляет величину в высшей степени характерную для радиоактивных веществ. Постоянная радиоактивности является таким же индивидуальным свойством радиоактивных элементов, как для элементов вообще — спектр, атомный вес и др. свойства. Она может быть точно определена даже в тех случаях,

когда само радиоактивное вещество распадается столь скоро, что об исследовании каких-либо других свойств его не может быть и речи. Константа радиоактивности — единственная величина, которая может служить для характеристики таких эфемерных элементов.

Постоянство этой постоянной прямо удивительно! Скорость химических реакций зависит в высокой степени от температуры, от давления, даже от мельчайших примесей посторонних веществ — катализаторов (ср. лекцию IX). Но скорость, с которой совершается превращение радиоактивных элементов, не зависит не только от давления и температуры, но даже и от того, в каком соединении находится данный элемент. До сих пор все усилия, направленные к ускорению или замедлению этих процессов, оказались тщетными. „Как отдельное солнце во вселенной, так и каждый радиоактивный элемент совершает свое превращение с величественным спокойствием, не заботясь о тех изменениях, которые происходят в окружающей среде“. Радиоактивный элемент по праву может считаться самыми неизменными „часами вселенной“ (Оствальд).

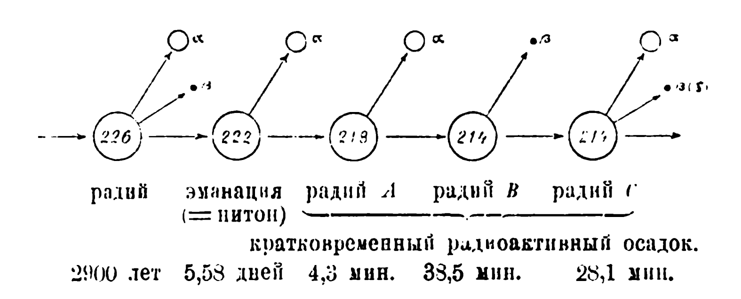
Зная, что в каждую секунду $\frac{1}{500.000}$ часть эманации подвергается разрушению, мы легко можем вычислить, что в среднем эманация может существовать лишь 500.000 секунд, т. е. 5,8 дней. Это ее средняя продолжительность жизни. Что же происходит с ней после смерти?

Один из продуктов ее распада нам уже знаком: это гелий, образующийся из частичек альфа. Другой же продукт распада есть не что иное, как тот „радиоактивный осадок“, который до того, как он был признан веществом, рассматривался, как особое свойство материи — „индуцированная радиоактивность“. В сосуде, содержащем эманацию, этот осадок постоянно отлагается на стенках. Осадок образуется и исчезает. Ибо этот радиоактивный осадок живет еще более короткое время, чем эманация. По истечении получаса он уменьшается на половину; отсюда можно вычислить, что продолжительность жизни радиоактивного осадка составляет всего 43 минуты.

Распад этого осадка совершается не сразу. Из скорости убывания радиоактивности можно заключить, что распад совер-

шается в три фазы, в течение которых образуются промежуточные продукты, называемые радием А, радием В и радием С. Все эти постепенные превращения следуют одно за другим довольно быстро. Вследствие краткой жизни этих промежуточных элементов, мы, конечно, не в состоянии изучить их химические и физические свойства. Единственное свойство, нам известное, это — их „средняя продолжительность жизни“, определяемая из скорости их превращения. Но этого свойства вполне достаточно для характеристики каждого из этих элементов.

Таким образом, мы получаем следующую схему постепенных превращений радия:

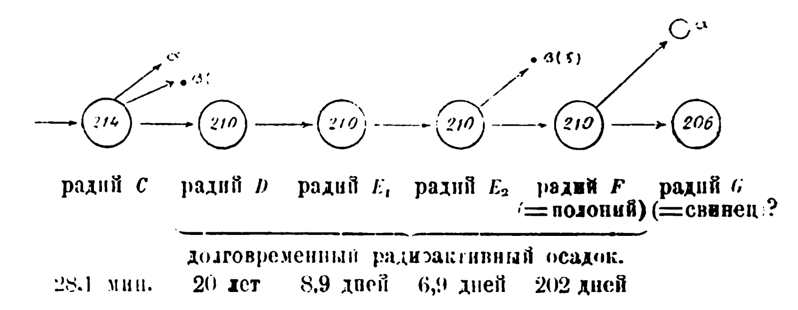


Из этой схемы видно, что промежуточные продукты распада радия разнятся друг от друга не только своей долговечностью, но и характером испускаемых лучей. Так, радий А испускает только лучи α, радий *B*—только лучи β, а радий *C*—лучи α и β (и, вероятно, также и лучи γ).

Но этим еще эволюция радия не кончается. Г-жа Кюри доказала, что радиоактивность осадка не вполне исчезает даже по истечении нескольких часов. Часть радиоактивных свойств сохраняется и наблюдается еще в течение нескольких лет. Следовательно, мы здесь имеем дело с радиоактивным веществом, превращающимся чрезвычайно медленно. Но и это превращение, как и предыдущие, должно пройти через несколько отдельных ступеней. До сих пор с достоверностью известны 4 фазы, соответствующие четырем новым радиоактивным элементам: радию *D*, радию *E*, радию *F* и радию *G* Особенный интерес представляет последнее звено этой длинной цепи эволюции элементов. Радий *F* подробно исследован. Продол-

жительность его жизни оказалась равной 203 дням; это число, равно как и свойства радия F, доказали, что мы в радии F имеем старого знакомого — элемент, открытый г. Кюри в начале ее исследований над радиоактивными элементами смоляной руды и названный тогда полонием! (ср. стр. 264).

Таким образом был установлен следующий ряд продуктов превращения радия C:



Если приведенная выше схема верна, то радий должен потерять 4 частички α, прежде чем он превратится в полоний. Так как атомный вес гелия равен 4, а атомный вес радия близок к 226, то атомный вес полония, образующегося после отщепления четырех атомов гелия из атома радия, должен быть равен $226 - 4 \times 4$, т. е. 210. Действительно, мы находим в периодической системе Менделеева (см. таблицу к стр. 254) свободное место для элемента с атомным весом 210, а именно, в VI группе, в 9-ом горизонтальном ряду. Здесь для него имеется место после висмута с атомным весом 208, в той же подгруппе, к которой принадлежит теллур. Действительно, Марквальд нашел, что полоний по своему химическому характеру похож на теллур, а по некоторым свойствам сходен с висмутом.

Что же остается от полония, когда и этот элемент отбрасывает частичку α? Продуктом распада полония должен быть, очевидно, элемент постоянный, не обнаруживающий радиоактивных свойств. Содди [1]) предполагает, что этот элемент, атомный вес которого должен быть равен 206, может быть, тождествен с нашим обыкновенным свинцом. Свое

[1]) Содди, Радий и его разгадка. Перевод Толмачевой. Н. Х.-Т. И. 1925 г.

предположение этот знаменитый исследователь основывает на том факте, что свинец сопровождает уран во всех почти минералах, содержащих этот последний элемент.

Имея в своем распоряжении данные относительно скорости распада радия, мы можем решить вопрос, сколько энергии выделяет радий за всю свою жизнь. Мы видели, что 1 грамм радия выделяет 118 калорий в час, т. е. около одного миллиона калорий в год. Так как средний период жизни радия составляет около 3000 лет, то за все время своего существования он успеет выделить около 3.000.000.000 калорий. В сравнении с другими, даже наиболее энергичными химическими процессами, эта цифра оказывается неимоверно большой. Ибо сгорание одного грамма водорода дает только 34.000 калорий, а при сгорании одного грамма угля мы получаем всего 8.000 калорий. Чтобы получить то количество тепла, которое выделяет один грамм радия, мы принуждены сжечь 350 килограммов угля или 80 килограммов водорода.

Эти числа показывают, сколь велик запас энергии, накопленный в атомах элементов. Это обстоятельство до известной степени объясняет нам ту устойчивость элементов по отношению к обыкновенным средствам анализа, на которой со времен Ван Гельмонта зиждется наша химическая система. С другой стороны, становится ясным, что в сравнении с этим громадным запасом энергии все усилия, которые мы обыкновенно применяем для ускорения реакций, являются ничтожными; потому-то, вероятно, и скорость процесса распада атомов лежит пока вне пределов нашего воздействия.

Радий разлагается чрезвычайно медленно. В течение целого года подвергается распаду лишь $\frac{1}{3000}$ часть препарата. Чтобы дождаться того момента, когда разложится половина нашего препарата, мы должны были бы жить больше 2000 лет. В сравнении с нашей жизнью это период чрезвычайно длинный, но по сравнению с жизнью земли, с продолжительностью геологических эпох — это лишь один момент. Если бы радий образовался в ту эпоху, когда земная кора начала застывать, то от него, наверное, теперь не осталось бы ни следа. Но исследования М. Кюри показали, что радий в сопро-

вождении урана находится во многих природных минералах. Раз радий существует по сие время, то он, следовательно, рождается и умирает подобно живым существам, которым положен ограниченный срок.

Откуда же происходит радий? Кто его отец? Вот вопросы, возникающие сами собой.

Ответ на этот вопрос мы находим в минералогии. Радий — спутник у р а н а во всех местонахождениях этого последнего. Анализ радиоактивных каменных пород доказывает, что между количеством урана и количеством радия во всех минералах существует довольно постоянное отношение, а именно, количество урана в несколько миллионов раз превышает количество радия. Отсюда можно с известной степенью вероятности заключить, что р о д о н а ч а л ь н и к о м с е м ь и р а д и я я в л я е т с я у р а н. На основании анализа урановых руд Р е т г е р ф о р д и Б о т в у д вычислили, что период жизни урана составляет около 9.000.000.000 лет (конечно, это число лишь приблизительное).

Что уран действительно подвергается превращению, доказывается его радиоактивностью, которая именно в этом веществе и была впервые обнаружена (Беккерель). Позднейшие исследования доказали, что от урана отщепляются частички Но н е п о с р е д с т в е н н ы м продуктам распада атомов урана является не радий, а другой радиоактивный элемент, существующий лишь короткое время. Это уран-*X*, жизнь которого продолжается лишь 35,5 дня. Умирая, он выбрасывает лучи β и γ. Об этом элементе известно лишь, что по своим химическим свойствам он принадлежит к группе ванадия.

Считается вероятным существование еще одного промежуточного звена между ураном и ураном-*X*. Но пока нам известно только имя этого непосредственного потомка урана — р а д и о у р а н. Даже скорости его превращения пока еще не удалось определить.

Не подлежит сомнению, что и между ураном-*X* и радием существует по крайней мере один промежуточный член этого семейства. Это и о н и й, который в минералах сопровождает другой радиоактивный элемент — актиний; о последнем я сейчас расскажу подробнее. Ионий открыт был Ретгерфордом и Ботвудом в карнотите.

Таким образом мы получаем следующее родословное дерево семейства радия:

Название	Уран →	Радиоуран →	Уран-X →	Ионий →
Атомн. вес	238,5	?	234	230
Лучи . .	α	?	β,γ	α
Продолж. жизни	9×10^9 л.	?	35,5 дн.	4500 л (?)

Название	→ Радий →	Эманация → (= нитон)	Радий A →	Радий B →	Радий C →
Атомн. вес	226.0	222	218	214	214
Лучи	α,β	α	α	β	α,β,γ
Продолж. жизни	2900 л.	5,55 дн.	4.3 мин.	38,5 мин.	28.1 мин.

Название	Радий D →	Радий E →	Радий F → (= полоний)	Радий G (свинец)
Атомн. вес	210	210	210	206
Лучи	?	β	α	0
Продолж. жизни	21 год (?)	6,9 дн.	202 дн.	∞

Почти одновременно с тем, как супруги Кюри открыли радий и полоний, Дебиерн открыл в смоляной руде другой радиоактивный элемент—актиний. Этот элемент осаждается вместе с железом и редкими землями. Замечательным свойством актиния является то, что радиоактивность его весьма сильна и не изменяется сколько-нибудь заметным образом. Даже сравнительно разбавленные препараты, содержащие лишь незначительные количества этого радиоактивного элемента, имеют в 100000 раз большую радиоактивность, чем уран. Актиний является представителем особой семьи радиоактивных элементов. Превращения актиния, исследованием которых мы обязаны, главным образом, Т. Годлевскому, аналогичны превращениям радия. Актиний тоже распадается, выделяя частички гелия и превращаясь в эманацию актиния, которая живет, однако, лишь весьма короткое время: всего 5,6 секунд. Дальнейшими продуктами распада является актиний A, актиний B, актиний C и актиний D.

Вскоре после открытия радиактивности урана найден был еще один радиоактивный элемент: торий. Одновременно появившиеся работы Шмидта и М. Кюри доказали, что и сам торий, и его соединения испускают лучи, которые отличаются способностью проникать чрез непрозрачные предметы, действуют на фотографическую пластинку и ионизируют воздух и другие газы. Далее опыты показали, что излучение тория происходит постоянно, как это уже было известно относительно излучения урана.

В последнее время Ган исследовал радиоактивность минералов, содержащих торий. Этими работами установлено существование в этих минералах еще одного радиоактивного элемента, который относится к торию так, как радий к урану. Этот элемент получил название радиотория. Его радиоактивность уменьшается, как и радиоактивность радия, согласно общему закону убывания активности, но с гораздо меньшей скоростью. Средний период существования радиотория продолжается только 1063 дня. Как торий, так и радиоторий выделяют частички α. Из тория образуются члены, промежуточные между торием и радиоторием: мезоторий 1, мезоторий 2 и мезоторий 3. Радиоторий после удаления частички α образует сначала торий-X, а затем эманацию тория, газообразный элемент, аналогичный эманациям радия и актиния, но имеющий другую скорость превращения. Эманация тория живет 76 секунд. Испуская частички α, она превращается постепенно в торий A, торий B, торий C и торий D.

Таким образом, известны три семейства радиоактивных элементов: семейство радия, семейство актиния и семейство тория. В каждом семействе мы знаем одну особую эманацию и большее или меньшее число членов, отличающихся различной долговечностью. Характерно и то, что члены разных семейств взаимно соответствуют друг другу, как члены одной группы периодической системы Менделеева. Некоторые из этих новых радиоактивных элементов нашли определенные места в периодической системе; таковы эманация радия, радий, уран, торий, полоний. Но вместить всех их Менделеевская схема не может. И потому пока представляется целесообразным составить особую таблицу радиоактивных элементов. Такую таблицу, предложенную в 1910 году Свинне, мы прилагаем здесь. В каждом вертикальном ряду элементы следуют друг за другом в генетическом порядке. В каждом же горизонтальном ряду помещены друг возле друга те элементы, которые находятся между собой в таком же родстве, как члены одной группы Менделеевской системы. Места, оставленные пустыми, указывают, по мнению автора таблицы, что существуют еще элементы, до сих пор не открытые. В таблице показаны, кроме того, род испускаемых лучей и средняя долговечность

Таблица радиоактивных веществ.

СЕМЬЯ УРАНА	Лучи.	Долговечность	СЕМЬЯ АКТИНИЯ	Лучи.	Долговечность	СЕМЬЯ ТОРИЯ	Лучи.	Долговечность
Уран	2α	9×10⁹ лет				Торий	α	3×10¹⁰ лет
Радиоуран			Актиний			Мезоторий 1	β	7,9 „
Уран-X 1	β	24,6 дн.				Мезоторий 2	β	8,9 час.
Уран-X 2	β,γ							
Ионий	α	30×10³ лет	Радиоактиний	α,β	28,1 дн.	Радиоторий	α	2,9 года
Радий	β	2900 „	Актиний X	α	15	Торий X 1	β	5,25 дн.
						Торий X 2	α	
Эманация радия		5,5 дн.	Эманация актиния	α	5,6 сек.	Эманация тория	α	76 сек.
Радий A	α	4,3 мин.	Актиний A	α	52,1 мин.	Торий A	α	0.2 „
Радий B	β	38,5	Актиний B	β	3,1	Торий B	β	15 час.
Радий C1	β	28,1 „						
Радий C2	α							
Радий D	β	21 год						
Радий E	β	6 9 дн.						
Полоний	α	202 „	Актиний C	α		Торий C	α	79 мин.
			Актиний D	β,γ	7,36	Торий D	β,γ	4.5 „

элементов. Данные взяты, главным образом, из недавно опубликованного сочинения г-жи Кюри „Radioactivité“.

На примере радия впервые доказана возможность превращения одних элементов в другие. Осуществлена мечта, к которой стремились алхимики в продолжение восьми столетий. Но какая пропасть отделяет действительную картину превращений от тех смутных представлений, которые существовали в воображении алхимиков! Для совершения „трансмутации“ элементов не требуется особого „эликсира“ или „философского камня“.. Превращение элементов совершается само собой, без всякого содействия с нашей стороны. Мало того, мы обречены на роль пассивных зрителей этого странного процесса, которого мы не можем направить по своему желанию. И, что неожиданнее всего, превращение элементов, открывшееся нам из явлений радиоактивности, не только не требует от нас никакой затраты энергии, но, напротив, порождает саму энергию, и притом в таких громадных количествах, которые в сотни тысяч раз превышают количества энергии, выделяемой при самых энергичных химических процессах.

Содди в своих интересных лекциях о радии [1]) справедливо замечает, что если мечте алхимиков о получении золота суждено когда-нибудь сбыться путем распада атомов элементов, то ценность полученной таким образом материи будет ничтожна в сравнении с теми неимоверными количествами энергии, которые должны выделиться при этом процессе. Энергия элементарных веществ, освобожденная от заколдованного сна, в который она погружена навеки природой, заняла бы вскоре первое место в народном хозяйстве. В сравнении с ее громадным значением золото явилось бы лишь побочным продуктом превращения.

Скорость превращения, постоянная для каждого радиоактивного элемента в отдельности, весьма неодинакова для различных элементов. Некоторые из них, как эманация актиния, живут лишь несколько секунд; другие же изменяются столь медленно, что мы даже приблизительно не

[1]) Ср. стр. 287.

можем определить периода их жизни. Долговечность урана и тория исчисляются миллиардами лет; долговечность актиния несомненно еще больше. Эти факты делают вероятным предположение, что и иные элементы, радиоактивность которых до сих пор еще не обнаружена, тоже находятся в состоянии медленного распада. Если мы предположим, что распадение других элементов происходит гораздо медленнее, чем распад урана, тория и актиния, то отсутствие заметной радиоактивности в этих элементах можно будет объяснить именно крайней медленностью процесса разложения.

Предположение это нашло в последнее время подтверждение в открытии радиоактивности некоторых металлов. Кампбель и Вуд установили факт радиоактивности солей калия, а Левин и Руэр доказали, что соли рубидия отличаются радиоактивными свойствами в еще большей мере. Активность солей калия, правда, в 1000 раз слабее активности урана, но ее существование вне всякого сомнения. Некоторая доля радиоактивности найдена Мак-Леннаном и в свинце, цинке, железе и других металлах, но она столь мала, что нельзя до сих пор решить, составляет ли она свойство этих элементов или же происходит от чрезвычайно ничтожных примесей известных радиоактивных веществ, которых мы не можем ни отделить, ни обнаружить какимнибудь другим методом.

Пока мы вправе присоединить к числу радиоактивных элементов калий и рубидий. Решение же вопроса, составляет ли радиоактивность общее свойство материи и возможна ли трансмутация и других элементов, приходится предоставить будущему. Мы должны при оценке опытов, направленных к решению этих вопросов, иметь постоянно в виду, что экспериментатор в своих исследованиях имеет дело с такими ничтожными количествами веществ, о которых трудно даже составить себе понятие. Частые ошибки и разочарования здесь неизбежны.

В 1910-ом году Рамзай и Камерон опубликовали работу о превращении натрия и меди в неон и литий. Однако, М. Кюри совместно с г-жей Гледич тщетно пытались добиться этого же результата; они полагают, что литий в опытах Рамзая происходил из стекла сосудов, в которых производились опыты, а неон — из воздуха. Несмотря

на это, Рамзай, продолжая свои опыты трансмутации вместе с Греем, нашел в продуктах распада тория углекислый газ. Так как эти исследования еще не окончены, то они выходят из рамок нашего исторического очерка, но они доказывают во всяком случае, что вековые загадки, считавшиеся неразрешимыми, воскресают в науке, и что в настоящий момент над их разрешением работают корифеи науки [1]).

Как бы там ни было, даже то, что нам уже и теперь с достоверностью известно о радии, доказывает, что мы имеем дело с фактами необычайной важности. Ибо колоссальные количества энергии, излучаемые радием, не могут оставаться без влияния на равновесие теплоты не только на земле, но и на других космических телах.

До сих пор считалось несомненным фактом, что температура земли, находившейся некогда в огненно-жидком состоянии, непрерывно падает. Физики вычислили, что наша планета теряет каждую секунду 76 биллионов калорий. Но с тех пор, как стало известно, что радий выделяет теплоту, найден был тем самым новый источник, способный компенсировать эту потерю теплоты. Можно вычислить, что если в каждом кубическом метре массы земного шара содержатся только две десятимиллионные части одного грамма радия, то этого количества достаточно для того, чтобы покрыть всю убыль тепла на земле. В действительности же земная кора содержит, по вычислению Стретта, примерно в 20 раз большее количество радия. А так как, кроме того, в земле содержится в значительных количествах и торий, то следовало бы заключить, что температура земли должна постоянно возрастать, если бы радий был равномерно распределен во всей массе земли. Но о составе ядра земли мы ничего почти не знаем, и потому вышеприведенные расчеты не могут быть точны, и мы должны пока довольствоваться лишь качественными данными.

Радий несомненно играет важную роль и в тепловых явлениях на солнце. Правда, до сих пор посредством спектроскопа, того чудесного прибора, который позволяет нам узнавать химический состав самых отдаленных небесных светил, не удалось еще доказать присутствия радия в солнце.

---

[1]) О новейших интересных опытах над превращением элементов подробнее рассказано в последней лекции.

Но возможно, что радий находится в солнечном ядре и поэтому недоступен для наблюдения. Зато на возможность радиоактивных превращений в массе солнца указывает присутствие в нем гелия, который, как мы знаем, открыт был на солнце на полвека раньше, чем на земле (см. стр. 260). Мы знаем также, что гелий является продуктом большинства радиоактивных превращений, и если мы допустим, что эти превращения действительно происходят на солнце, то мы найдем в них объяснение нерешенной до сих пор загадки: из какого источника солнце пополняет постоянную потерю тех громадных количеств тепла, которые оно беспрестанно излучает в междупланетное пространство?

Что эта постоянная убыль должна откуда-то пополняться, не подлежит сомнению с тех пор, как исследователи (Лангл ей) на основании точных болометрических измерений вычислили, что, не будь источника для пополнения этой убыли, солнце должно было бы испытывать заметную потерю лучеиспускательной способности, чего, однако, в действительности совсем не наблюдается. До сих пор существовали только две гипотезы для объяснения этого факта. По одной гипотезе теплота образуется от постоянного сжатия солнечного шара, которое является следствием его охлаждения. Другая же усматривает источник тепла в кинетической энергии бесчисленных метеоритов, постоянно падающих на солнце. В последнее время была предложена еще и третья гипотеза, по которой источником тепла является энергия радиоактивных превращений. Термодинамика учит, что те именно вещества, разрушение которых сопровождается выделением значительных количеств тепла, как, например ацетилен, должны быть тем устойчивее, чем выше температура. Так как наружная температура солнца превышает вдвое самые высокие температуры, какие мы можем получить на земле, — она, вероятно, заключается между 6000° и 7000°, — то можно допустить, что при столь высокой температуре наступает равновесие между радиоактивными веществами и продуктами их постепенного распада. Малейшее понижение температуры, вызванное излучением тепла, ведет к нарушению этого равновесия, которое, с своей стороны, сопровождается выделением теплоты, и таким образом потерянная теплота возмещается. Конечно, нельзя отрицать, что, помимо радиоактивных

процессов, в массе солнца при температуре 6000°—7000° могут происходить еще и другие экзотермические реакции, о которых мы здесь, на земле, не имеем понятия.

Что касается, наконец, утилизации радия, то этому препятствует пока чрезвычайная редкость этого элемента на земле. О значении радия в медицине мы уже говорили выше; применение же его в технике пока еще не представляет интереса вследствие того, что превращение радия происходит слишком медленно и не поддается пока нашему воздействию. Если, однако, мы хотя на одно мгновение понесемся на крыльях фантазии и допустим, что нам когда-нибудь удастся покорить своей воле радиоактивность, мы согласимся, что этот новый источник энергии вызовет переворот, в сравнении с которым применения пара и электричества покажутся детскими игрушками. Человечество избавилось бы от рокового конца, грозящего технике вследствие постоянной убыли угля и других источников энергии. Более того, человечество могло бы взяться за осуществление таких задач, о которых мы пока не смеем даже мечтать. Тогда поистине настал бы „золотой век“! [1]).

Судьба великих людей бывает иногда жестока, и в своей жестокости доходит прямо до издевательства. В половине апреля 1906 года в газете появилась следующая репортерская заметка:

„П. Кюри, выйдя сегодня в 2 часа пополудни от одного из своих товарищей и спеша к издателю, хотел вблизи Pont-Neuf перейти rue Dauphine, которая в этом месте крута, а после дождя к добавок скользка. Так как в этот момент с разных сторон приближались возы, то П. Кюри пустился бегом, но поскользнулся и упал перед ломовым возом. Извозчик не успел задержать воза на крутой дороге, и Кюри погиб под колесами“.

Таким образом, ужасный, бессмысленный случай в одно мгновенье лишил нас одного из величайших современных гениев, как бы желая показать нам, сколь мало значит мысль в борьбе с тысячей слепых сил, которые несутся неизвестно откуда, истребляя все на своем пути.

А его спутница жизни и трудов, покрывшая славой не только себя, но и свою родину? Позвольте мне привести беспристрастное мнение французского академика Пуанкаре.

„Вспоминая заслуги Кюри, мы не можем отделить их

[1]) О русском радие В. Хлопин.

в мысли от этой достойной удивления женщины, которая была для него не только преданной подругой, но и неоценимой сотрудницей. Сколько терпения и труда требовали исследования этих бесконечно малых количеств материй, рассеянных и совершенно затерянных в огромных массах других тел! Сколько требовалось безустанного внимания, чтобы не потерять из виду этих едва заметных следов, чтобы их сконцентрировать без потери, чтобы собрать из них несколько гранов драгоценного порошка! Эта совместная работа, в которой так счастливо соединились прирожденные способности мужчины и женщины, не ограничивалась исключительно обменом мыслей; она состояла прежде всего в обмене энергии, во взаимном ободрении во всяких разочарованиях, какие неизбежны для открывающих новые пути. Эта моральная поддержка неоценима, и нет таких весов, которыми ее можно было бы взвесить".

ИСТОЧНИКИ.

Л. А. Чугаев. Природа и происхождение химических элементов. НХТИ. 1924.

Н. Морозов. Д. И. Менделеев. Две лекции. Петербург, 1907.

Л. А Чугаев. Д. И. Менделееве. НХТИ. 1924.

P. Walden. D. I. Mendelejew. Chem. Ztg. t. 31. (1907).

W. Ramsay. Einige Betrachtungen über das periodische System. Leipzig, 1908.

W. Ramsay. Über die neuerdings entdeckten Gase und ihre Beziehung zum periodischen Cesetze. Ber. deutsch. chem. Ges. 31. 3111. (1898).

W. Ramsay. Biographical and chemical Essays. London.

W. K. Röntgen. O nowym rodzaju promieni, z oryginalu przelozyl S. Srebrny. Варшава, 1896.

А Лукашук. Гелий. НХТИ. 1925.

M-me Sklodowska-Curie. Recherches sur les substances radioactives Paris, 1904.

K. Hoffman. Die radioaktiven Stoffe nach dem neuesten Stande der wissenschaftlichen Erkenntniss. Leipzig, 1904.

Fr. Soddy. Entwickelung der Materie. Leipzig, 1904.

N. Poincaré. Allocution de M. le Président à la séance publique annuelle de l'Académie des sciences. Paris. Comptes rendus de l'Acad. 142 и 143 (1906).

E. Rutherford. Radioactivity. Cambridge, 1904.

Villiam Hammer. Radium and other radioactive substances. New-York-London, 1903.

M-me Curie. Radioactivité. Paris. 1910.

Б. Н. Меншуткин. Жизнь. Н. А. Меншуткина. С.-Петербург.

Ф. Содди. Радий и его разгадка. Перев. с 4-го изд. Е. А. Толмачевой под ред. В. Г. Хлопина. НХТИ. 1924.

В. Е. Тищенко. Дм. Ив. Менделеев. Журн. Русск. Физико-Хим. Общ. т. 41 (1909).

London E. E. Das Radium in der Biologie und Medizin. Leipzig, 1911.

В. Я. Курбатов. Закон Д. И. Менделеева. НХТИ. 1925.

Paneth. Das periodische System. Ergebn. d. exakt. Naturw. 1922.—Handb. d. Phys. Bd. XXII.

M. Centnerszwer. Über die Haupt und Nebengruppen des Periodischen Systems. Ber. deutsch. chem. Ges. 59, 786 (1926)

ЛЕКЦИЯ XI.

Современная алхимия.

Век химии. — Превращаемость элементов. — Последний потомок радия. — Радиосвинец и обыкновенный свинец. — Что такое изотопы. — Уплотнение периодической системы элементов. — Плеяды радиоактивных элементов. — Возрождение гипотезы Пру. — Несколько слов о „канальных лучах". — Массовый спектрограф. — Открытия Астона. — Таблица изотопов. — Попытки разделеня изотопов. — Строение атомов. — Гипотеза Реттерфорда. — Природа рентгеновых лучей. — Спектры рентгеновых лучей. — Закон Мозли. — Порядковые числа элементов. — Проверка периодической системы. — Атом Бора. — Бомбардировка атомов α лучами. — Лучи H. — Образование водорода из азота и из других элементов. — Разрыв атомов вольфрама при 20.000°. — Золото из ртути. — Ртуть и таллий из свинца. — Теоретические соображения.

Если минувшее столетие, вследствие своих физических открытий и их практических применений, заслужило название века пара и электричества, то текущий век, вероятно, будут называть веком химии. Ибо уже теперь химия успела приобрести могущественное влияние на весь уклад человеческой жизни, на всю современную технику, наконец, на наше философское миросозерцание.

Уже в последней лекции мы видели, как человеческий ум мало-по-малу освобождался от представления о незыблемости химических элементов, казавшегося следствием многовековых неудач алхимических опытов. Уже в радии и в других радиоактивных элементах мы познакомились с примерами элементов, подвергающихся превращению, — элементов, которые образуются из других, более сложных, и исчезают, превращаясь с определенной скоростью в другие, более простые элементы. Так, радий, типичный представитель этого класса „неустойчивых элементов", медленно, но неустанно распадается на эманацию, газ с меньшим

атомным весом, и на гелий, элемент, открытый впервые в фотосфере солнца и отличающийся малым атомным весом, равным 4 (стр. 260). Гелий является, повидимому, устойчивым элементом, но эманация в свою очередь распадается дальше, и последним звеном в целой цепи следующих друг за другом превращений радия является известный элемент—свинец (стр. 287).

Образование свинца из радия доказано было непосредственно экспериментальным путем, благодаря разложению полония. Но этим путем можно получить лишь чрезвычайно незначительные количества „радиосвинца", но достаточные для точного изучения этого интересного элемента и для сравнения его свойств со свойствами „обыкновенного свинца". Однако, в природе этот эксперимент производится в гораздо больших размерах в течение многих тысячелетий во время лежания содержащих радий минералов, напр., смоляной обманки в недрах земной коры. И что же оказалось? Геологические исследования Стретта доказали, что радий всегда сопровождается свинцом. Еще более: анализами было установлено, что между количеством радия и количеством свинца в большинстве этих минералов существует постоянное отношение, как это требуется теорией радиоактивных превращений.

Теперь спросим: какой должен быть атомный вес свинца, образовавшегося из радия вследствие его распада? Мы видели, что при полном распаде каждый атом радия теряет пять частичек α, или, другими словами, пять атомов гелия (ср стр. 287). Атом радия весит 226 единиц, а каждый атом гелия 4 единицы массы. Следовательно, атомный вес последнего продукта распада радия (т.-е. радио свинца) должен быть равен:

$$226 - 5 \times 4 = 206 \text{ единиц массы.}$$

Между тем действительный атомный вес обыкновенного свинца равен 207,2. Получается разница в 1,2. Считать ли эту маленькую разницу следствием погрешностей опыта? Вначале позволительно было допустить подобную погрешность. Но когда Гениг шмид и Горовиц определили в 1914 г. точно атомный вес „радиосвинца", добытого из смоляной обманки, и нашли его равным 206, тогда

уже пришлось науке считаться с этой разницей атомных весов „обыкновенного“ свинца и „радиосвинца“, как с неоспоримым фактом. Тогда впервые было доказано, что могут существовать два элемента, вполне сходные друг с другом по химическим свойствам, но обладающие различными атомными весами. Такие элементы по предложению Содди называем изотопами.

Явление изотопии весьма распространено среди радиоактивных элементов. В настоящее время известно 40 радиоэлементов: 16 в ряду урана - радия, 12 в ряду актиния и 12 в ряду тория. Как же поместить их в периодической системе Менделеева? Если посмотрим на таблицу Менделеева, приложенную к стр. 254, то мы найдем в ней лишь несколько свободных мест. Но их не хватит для всех 40 новых радиоактивных элементов. Только семь из них попадают на свободные места таблицы, а именно: полоний, эманация радия, радий, актиний, торий, протоактиний и уран. Но куда поместить остальные?

Ответ на этот вопрос был дан К. Фаянсом, который указал, что многие радиоэлементы вполне сходны друг с другом в химическом отношении, хотя их атомные веса отличаются друг от друга на несколько единиц. Так, напр., радий D, образующийся при распаде радия и сопровождающий его во всех урановых минералах, тождествен со свинцом (радием G) и не может быть отделен от последнего ни одним из аналитических методов. Следовательно, здесь опять повторяется явление изотопии. Также и природный уран является смесью двух изотопных элементов: урана I и урана II, которые столь сходны друг с другом, что их не удается отделить друг от друга химическим путем. Они различимы друг от друга только по их радиоактивным свойствам.

Исходя из этих наблюдений, Фаянс предложил разместить радиоактивные элементы в „плеяды“. Каждая плеяда содержит те элементы, которые тождественны друг с другом в химическом отношении, т.-е. являются изотопами. Каждой плеяде принадлежит одно место в таблице Менделеева. Таким образом, все радиоактивные элементы располагаются в двух последних горизонтальных рядах периодической системы следующим образом:

Распределение радиоактивных элементов в двух последних горизонтальных рядах периодической системы Менделеева.

Ряд	Группа O	Группа I	Группа II	Группа III	Группа IV	Группа V	Группа VI	Гр. VII	Гр. VIII
IX	—	золото 197,2	ртуть 200,6	таллий 204,4	свинец 207,18	висмут 209,0	полоний 210	—	—
		—	—	актин. C″ 206	радий G 206	радий E 210	радий A 218	—	—
	—		—	торий C″ 208	торий D 208	торий C 212	торий A 216	—	—
	—		—	радий C″ 210	актин. D 206	радий C 214	актин. A 214	—	—
	—	—		—	радий D 210	актин. C 210	актин. C′ 210	—	—
	—	—	—	—	торий B 212	—	радий C′ 214		—
	—	—	—	—	актин. B 210		торий C′ 212	—	
	—		—	—	радий B 214	—	—	—	—
X	эманац. Ra 222	—	радий 226,0	актин. 226	торий 232,1	протоакт. 230	уран I 238,2	—	—
	эманац. Th 220	—	мезотор. 1 228	мезотор. 2 228	ионий 230	уран X 2 234	уран II 234	—	—
	эманац. Ac 218	—	актин. X 222	—	радиотор. 228	уран Z 234	—	—	—
	—	—	торий X 224	—	уран X 1 234	—	—	—	—
	—	—	—	—	радиоактин. 226	—	—	—	—
	—	—	—	—	уран Y 230	—	—	—	—

Важно заметить, что члены одной плеяды („изотопы“) не могут быть отделены друг от друга обыкновенными химическими методами. В химическом отношении они тождественны, и если бы не были изучены и известны их радиоактивные свойства, то мы не знали бы, что кроме обыкновенного свинца, с атомным весом 207,2, существует еще семь „свинцов“, атомные веса которых находятся в пределах от 206 до 214. Нельзя отрицать возможности предположения, что „обыкновенный“ свинец является смесью нескольких изотопов, а его атомный вес (207,2)—средним атомным весом этой смеси.

Спрашивается: ограничивается ли явление изотопии исключительно радиоактивными элементами? Вероятно — нет. Напротив, есть веские „данные, которые приводят к убеждению“, что изотопы должны встречаться и среди нерадиоактивных элементов. Так, напр., в лекции 10-ой было указано, что в периодической системе Менделеева элементы должны следовать друг за другом в порядке возрастания их атомных весов. Однако, в трех случаях этот порядок нарушается: аргон предшествует калию, хотя его атомный вес больше атомного веса калия, теллур предшествует иоду, а кобальт—никкелю, хотя, если строго придерживаться величины атомных весов, то теллур должен бы следовать за иодом, а кобальт за никкелем (ср. стр. 255). Однако, такой порядок находился бы в явном противоречии с химическим характером этих элементов.

Такого рода исключения доказывают, что атомные веса сами по себе не достаточны для однозначного определения природы элементов. Они доказывают, что в величине атомного веса лежит нечто привходящее, случайное. Явление изотопии может объяснить причину этой случайности. Если то, что мы называем элементом, составляет иногда смесь нескольких изотопов, то атомный вес, „так называемого элемента“, должен зависеть в подобных случаях от состава смеси, т. е. от того, преобладают ли в ней более тяжелые или более легкие изотопы.

Уже в лекции X-ой мы познакомились с гипотезой Пру, согласно которой атомные веса элементов выражаются целыми числами, т.-е. являются кратными атомного веса водорода (ср. стр. 248). Хотя впоследствии ока-

залось, что от этого правила существуют многочисленные исключения (напр., хлор, медь, ртуть, магний, никкель и др.), однако, нельзя отрицать, что во многих (хотя не во всех) случаях атомные веса мало отличаются от целых чисел. Это видно из следующей таблицы.

Сопоставление элементов, которых атомные веса разнятся менее, чем на 0,1 от целых чисел.

Водород	1,008	алюминий	26,97	кобальт	58,97	лютеций	175,0
гелий	4,00	кремний	28,06	мышьяк	74,96	вольфрам	184,0
литий	6,94	фосфор	31,04	бром	79,92	висмут	209,0
бериллий	9,02	сера	32,07	криптон	82,9	эманация	222,0
углерод	12,00	кальций	40,07	иттрий	89,0	радий	226,0
азот	14,008	ванадий	51,0	молибден	96,0		
фтор	19,00	хром	52,01	иод	126,92		
натрий	23,00	марганец	54,93	европий	152,0		

Такое совпадение нельзя считать случайностью. Но как объяснить то, что остальные элементы обладают атомными весами, сильно уклоняющимися от целых чисел? Становясь на точку зрения теории изотопии, можно было бы предположить, что во всех тех случаях, когда атомный вес выражается дробным числом, данный элемент является смесью нескольких изотопов, из которых каждый обладает атомным весом, равным целому числу. Так, напр., атомный вес хлора равен 36,46. Если предположить, что элемент хлор состоит из двух изотопов, которых атомные веса равны 35 и 36, то гипотеза Пру останется в силе.

Но как доказать, что хлор является действительно „сложным элементом"? Очевидно обыкновенными методами химического анализа доказать это невозможно, потому что оба изотопа хлора в химическом отношении должны быть тождественны. Решением этой проблемы мы обязаны Астону, который построил особый весьма тонкий прибор для определения атомных весов отдельных изотопов.

Этот прибор основан на применении „канальных лучей", открытых в 1886 г. Гольдштейном. Остановимся немного на этих лучах. На рис. 77 изображена катодная

трубка, т.-е. трубка со впаянными платиновыми электродами, содержащая газ под чрезвычайно малым давлением (около 0,0001 мм. ртутного столба). Наша трубка отличается от обыкновенных трубок этого рода тем, что „катод“ (пластинка К, присоединенная к отрицательному полюсу индукционной катушки) продырявлен во многих местах. Если включить канальную трубку в цепь переменного тока сильного напряжения, соединив катод с отрицательным, а анод с положительным полюсом индуктора, то можно заметить, что из отверстий катода („каналов“) исходят лучи, окрашенные в бурый цвет. Эти лучи направлены вверх от катода (как показано на рисунке), в то время как в нижней части трубки получаются катодные лучи.

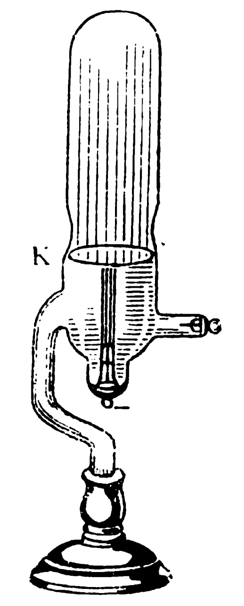


Рис. 77.
Канальные лучи.

Если к верхней части „канальной“ трубки приблизить магнит, то можно заметить, что канальные лучи отклоняются в магнитном поле. Если в верхнюю часть канальной трубки впаять две металлические пластинки и соединить их с полюсами электрической машины, то мы заметим, что канальные лучи притягиваются отрицательно заряженной пластинкой, а от положительной пластинки отталкиваются. Отсюда можно заключить, что канальные лучи представляют поток материальных частиц, заряженных положительным электричеством. Определяя величину угла отклонения этих лучей отдельно в электрическом и в магнитном поле, удалось установить массу одной отдельной канальной частицы.

Ибо чем больше масса каждой канальной частицы, летящей вдоль трубки с определенной скоростью, тем меньше будет угол, на который она отклонится под влиянием электрического заряда или магнитного поля определенной силы.

И что же оказалось из этих измерений? Оказалось, что масса канальной частицы есть масса атома (или молекулы) того газа, который содержится в данной канальной трубке. Но если это так, то

канальная трубка представляет собою весьма подходящий (и пока единственный) аппарат для анализа газов, содержащих смесь атомов, обладающих различными массами. Ибо атомы с меньшей массой будут в электрическом и в магнитном поле отклоняться сильнее, чем атомы с большой массой. И на этом основан „массовый спектрограф“ Астона, изображенный на рис. 79. На рис. 78 изображен схематически первоначальный прибор Дж. Томсона для измерения отклонения канальных лучей.

Шар A изображает „канальную трубку“, содержащую испытуемый газ. При помощи трубки F этот шар соеди-

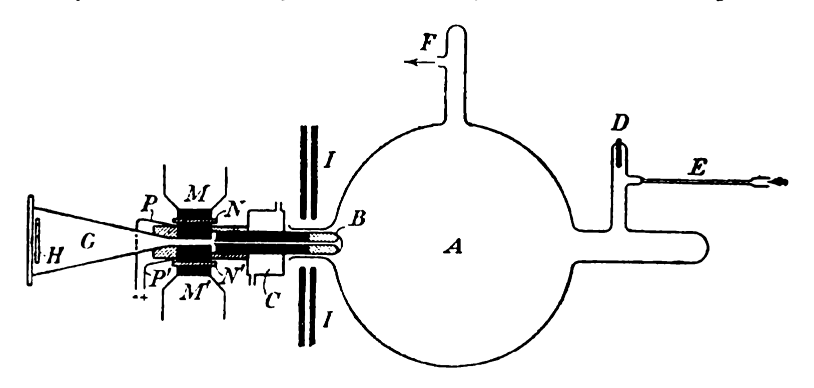


Рис. 78. Прибор Дж. Дж. Томсона для измерения отклонения канальных лучей в электрическом и магнитном поле.

няется с насосом, который позволяет уменьшить давление газа до того предела, при котором в шаре появляются катодные лучи. D является анодом (т.-е. пластинкой, соединенной с положительным полюсом индуктора), а B — катод — соединяется с отрицательным полюсом. В катоде B просверлен „канал“, из которого положительные (канальные) лучи входят в узкую трубку и попадают в камеру G, к задней стенке которой прикреплена фотографическая пластинка H. Для „анализа“ этих лучей их заставляют проходить между двумя полюсами P и P′, помещенными между полюсами электромагнита MM. Пропуская ток чрез электромагнит, мы возбуждаем в канальной трубке магнитное поле, соединяя же P и P′. с полюсами электрической машины, мы можем возбудить в трубке электрическое

поле. В обоих случаях канальные лучи испытывают определенное отклонение, величина которого отражается на получаемом на фотографической пластинке изображении.

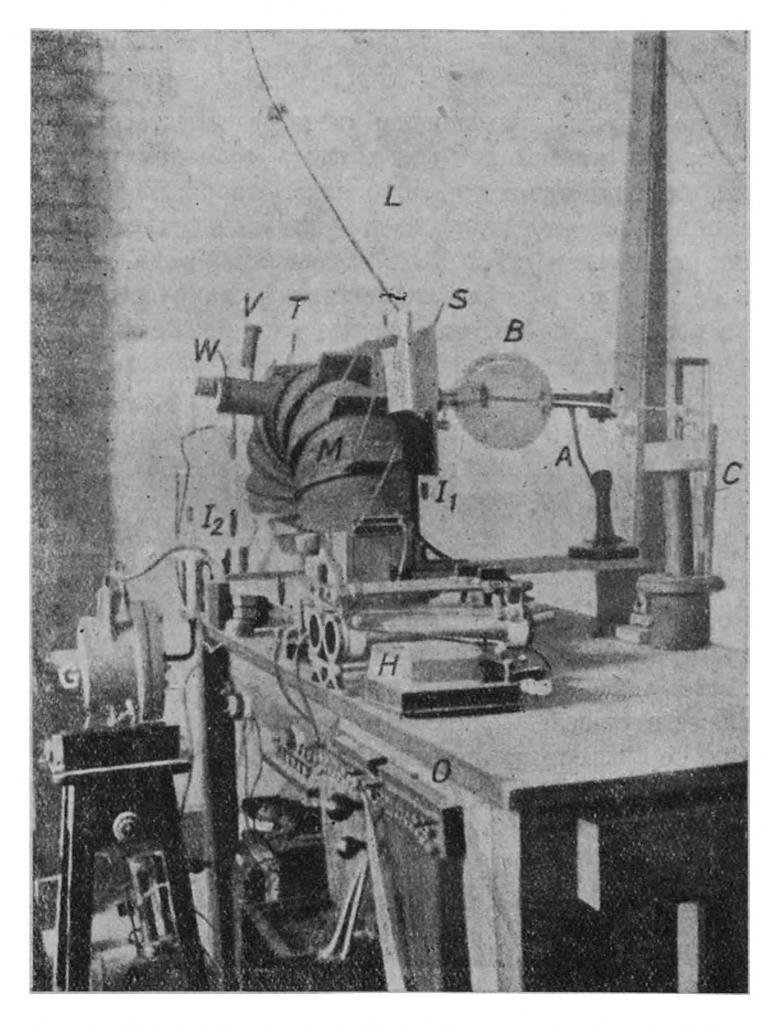


Рис. 79. Снимок массового спектрографа, установленного в 1919 г. в физической лаборатории имени Кевендиша в Кембридже. B — канальная трубка; A — анод, соединенный с положительным полюсом индуктора; C — резервуар, содержащий испытуемый газ; M — электромагнит; L — проволоки, соединенные с батареей высокого напряжения для возбуждения электрического поля; W — фотографическая камера; G — насос; H — амперометр; O — реостат.

На рис. 79 изображен массовый спектрограф Астона в его натуральном виде.

Если испытуемый газ состоит из чистого элемента (т.-е. не содержит изотопов), то на пластинке получается лишь одна линия, отвечающая массе атома исследуемого элемента. Если же элемент состоит из нескольких изотопов, то каждый из них дает отчетливую линию на фотографической пластинке.

В полученных при помощи массового спектографа фотографиях мы наблюдаем для каждого элемента целый ряд линий, большинство которых, однако, относятся не к исследованному элементу (газу), а к различным случайным примесям: окиси углерода, водороду, водяным парам и др. Но эти примеси дают возможность установить на пластинке некоторые основные точки, отвечающие определенным атомным весам. Таким образом можно „прокалибрировать" данную пластинку. Для неона получаются две линии: одна отвечает атомному весу 20, вторая (более слабая)—атомному весу 22. Для хлора найдены таким же способом два атомные веса: 35 и 37. Для аргона найдены были два атомные веса: 36 и 40, для криптона—шесть линий, отвечающих атомным весам: 78, 80, 82, 83, 84 и 86.

По этому методу Астоном, Г. П. Томсоном и Демпстером исследовано было около 50 элементов, из которых 24 оказалось простыми, а 26 — сложными. В нижеследующей таблице приведены атомные веса всех до сих пор известных изотопов.

Таблица элементов и изотопов.

Элемент		Число изотопов	Атомные веса изотопов в порядке их преобладания в элементах
водород	H	1	1,008
гелий	Hg	1	4
литий	Li	2	7; 6
бериллий	Be	1	9
бор	B	2	11; 10
углерод	C	1	12
азот	N	1	14

Элемент		Число изотопов	Атомные веса изотопов в порядке их преобладания в элементах
кислород	O	1	16
фтор	F	1	19
неон	Ne	2	20; 22
натрий	. Na	1	23
магний	. Mg	3	24; 25; 26
алюминий	Al	1	27
кремний	Si	3	28; 29; 30
фосфор	P	1	31
сера	. S	1	32
хлор	Cl	2	35; 37
аргон	A	2	40; 36
калий	K	2	39; 41
кальций	Ca	2	40; 44
скандий	. Sc	1	45
титан	Ti	1	48
ванадий	V	1	51
хром	Cr	1	52
марганец	Mn	1	55
железо	. Fe	2	56; 54
кобальт	Co	1	59
никкель .	. Ni	2	58; 60
медь	. Cu	2	63; 65
цинк	. Zn	4	64; 66; 68; 70
галлий	Ga	2	69; 71
германий	Ge	3	74; 72; 70
мышьяк	As	1	75
селен	Se	6	80; 78; 76; 82; 77; 74
бром	Br	2	79; 81
криптон	Kr	6	84; 86; 82; 83; 80; 78
рубидий	. Rb	2	85; 87
стронций	. Sr	2	88; 86
иттрий	It	1	89
цирконий	Zr	3	90; 94; 92
серебро	Ag	2	107; 109
кадмий	. Cd	6	114; 112; 110; 113; 111; 116
индий	In	1	115

Элемент		Число изотопов	Атомные веса изотопов в порядке их преобладания в элементах
олово	Sn	7	120; 118; 116; 124 119; 117; 122
сурьма	Sb	2	121; 123
теллур	Te	3	128; 126; 130
иод	I	1	127
ксенон	X	9	129; 132; 131; 134; 136; 124; 126; 128; 130
цезий	Cs	1	133
барий	Ba	2	138; 136
лантан	La	1	139
церий	Ce	2	140; 142
празеодим	Pr	1	141
неодим	Nd	3	142; 144; 146
ртуть	Hg	6(?)	197—200; 202; 204
висмут	Bi	1	209

Таким образом, существование изотопов доказывает, что атомный вес элемента никоим образом не может определять его физических и химических свойств. На место атомного веса приходится поставить другую величину,—это порядковое число, с которым мы сейчас познакомимся. Прежде, однако, чем оставить явления изотопии, мы должны остановиться на двух вопросах, связанных с выше приведенными исследованиями.

Метод „канальных лучей“ позволяет отделить друг от друга изотопы только в невесомых количествах. Спрашивается: нельзя ли другими методами произвести это отделение таким образом, чтобы получить изотопы в бо́льших количествах. В двух случаях удалось в настоящее время подойти к решению этой проблемы. Гаркинс заставлял диффундировать хлористый водород через пористую перегородку. Если хлор состоит из двух изотопов, отличающихся различными атомными весами, то эти два изотопа будут диффундировать с неодинаковой скоростью. Действительно, этим путем удалось хлористый водород разделить на две фракции, разность плотностей которых составляла $\frac{1}{645}$ найденной величины плотности. Другим путем шли Бренштед и Гевеши. Они подвергали ртуть дроб-

ной перегонке в разреженном пространстве и получили при этом две фракции, показывавшие некоторую разность плотности. Эта разность составляет всего $\frac{5}{10000}$ абсолютной величины, но, все-таки, она превосходит, не менее чем в 500 раз, возможную ошибку опыта. Таким образом возможность отделения изотопов следует считать доказанной.

Второй вопрос сводится к следующему. Если некоторые элементы составлены из изотопов, то следует ожидать, что в природе могут находиться элементы различного состава, напр., хлор с преобладанием изотопа с атомным весом 35 и хлор с преобладанием второго, более тяжелого изотопа. Такие элементы должны обнаруживать некоторое отклонения их атомных весов от „нормального" атомного веса. Но ничего подобного в природе не наблюдается. Атомный вес не только простых, но также сложных элементов постоянен и не допускает никаких заметных отклонений. Следовательно, **отношение изотопов во всяком элементе постоянно.** Какие причины обусловливают это постоянство отношения изотопов — пока не выяснено [1]).

Экспериментальное подтверждение гипотезы Пру сделало вероятным, что все элементы составлены из определенного (целого) числа атомов водорода. Посмотрим, на сколько такое предположение подтверждается фактами. В VII-ой лекции мы видели, что абсолютная величина атома определена довольно точно. Но уже тогда было указано, что эта величина не составляет предела делимости материи. Действительно, гипотеза Пру показывает нам, что атом элемента должен обладать довольно сложной структурой. Он должен быть составлен из отдельных частей, т.-е. из „субатомов". Но какие это части? Как они расположены?

Чтобы ответить на этот вопрос, вернемся к явлениям распада радия, о которых речь шла в предыдущей лекции. Мы видели, что атомы радия при распаде испускают лучи α и β. Лучи α состоят из атомов гелия, заряженных положительным электричеством. Лучи β — это электроны, т.-е. частички материи, заряженные отрицательным элек-

[1]) Постоянство атомных весов приводит нас к заключению, что изотопы существовали уже в то время, когда земля представляла однородную жидкую массу, и смешение их произошло уже в это отдаленное время.

тричеством. Масса каждого электрона приблизительно в 2000 раз меньше массы одного атома водорода. Исходя из этих фактов, Ретгерфорд предположил, что положительные частички α (атомы гелия) и отрицательные частички β (электроны) входят в состав атомов радия, а также, вероятно, и всех остальных элементов. Согласно этой гипотезе мы представляем себе, что атом состоит из внутреннего ядра, вокруг которого вращается определенное число электронов по определенным орбитам, подобно тому, как планеты вращаются вокруг солнца. Ядро является носителем положительного заряда, и в нем концентрируется масса всего атома. Электроны заряжены отрицательно: их масса не велика по сравнению с массой ядра. Отрицательные электроны притягиваются положительным ядром, но вследствие центробежной силы их вращения удерживаются на постоянном расстоянии от центра вращения (т.-е. от ядра), — подобно тому, как земля, притягиваемая солнцем, не падает на солнце. Так как атом в целом электрически нейтрален, то положительный заряд ядра должен равняться отрицательному заряду всех электронов.

Постараемся проникнуть глубже в тайну строения атома и спросим: как велик положительный заряд ядра и сколько электронов входит в состав атома каждого элемента? Ответ на эти вопросы был найден благодаря новейшим исследованиям над природой рентгеновых лучей.

В лекции X-ой мы говорили о борьбе двух течений по вопросу о природе рентгеновых лучей (стр. 278). Сторонники одного течения утверждали, что рентгеновые лучи состоят из материальных частичек, подобно лучам α и β. Сторонники второго течения полагали, что рентгеновые лучи вызываются колебаниями эфира, — подобно обыкновенным световым лучам. Новейшие исследования, произведенные фон Лауэ и обоими Браггами (отцом и сыном), решительным образом преклонили чашу весов в пользу второго течения. Они показали, что рентгеновые лучи (и γ-лучи радия) — это световые лучи, отличающиеся от обыкновенных „белых“ лучей света чрезвычайно малой длиной волны (а следовательно, бóльшим числом колебаний в секунду). Напомним здесь, что длина волны лучей види-

мого света составляет от 400 до 760 μμ. Длина же волны рентгеновых и γ-лучей заключается в пределах от 0.01 μμ до 0,15 μμ. Она в несколько тысяч раз короче тех световых волн, которые образуют ультрафиолетовые лучи.

В общем, можно считать установленным факт, что каждый элемент испускает под влиянием катодных лучей характерный „рентгеновый спектр излучения“, состоящий из лучей определенной длины волны (подобно тому, как каждый элемент в пламени бунзеновской горелки испускает видимые лучи, образующие характерный „спектр“ этого элемента). Можно получить „рентгеновый спектр“ элемента, если поместить его в виде антикатода в рентгеновую трубку.

Зная длину волны рентгенового луча, легко вычислить число колебаний, совершаемых им в одну секунду, так как последнее обратно пропорционально длине волны. Английский физик Мозли (Moseley) нашел интересную зависимость между числом колебаний рентгеновых лучей, испускаемых различными элементами, и между положением последних в периодической системе. Для примера приводим в нижеследующей таблице числа колебаний рентгеновых лучей, испускаемых некоторыми элементами. Во втором столбце этой таблицы указано для каждого элемента место, которое он занимает в периодической системе Менделеева, в которой, как нам уже известно, все элементы расположены в порядке их атомных весов. В 3-ем столбце приведены числа колебаний лучей из серии K, а в 4-ом столбце—квадратные корни из чисел колебаний.

Порядковые числа элементов.

Элемент	Порядковое число	Число колебаний лучей K	Квадратный корень числа колебаний
натрий	11	$0{,}251 \cdot 10^{18}$	$5{,}01 \cdot 10^{8}$
фосфор .	15	0,486 „	6,97 „
кальций .	20	0,894 „	9,46
марганец .	25	1,433 „	11,97
цинк	30	2.088 „	14,44
бром .	35	2,898 „	17,03
цирконий .	40	3,808 „	19,51
родий	45	4,878 „	22,08
олово	50	6,160 „	24,82
цезий	55	7,537	27,45
неодим .	60	9,090	30,15

Найденная Мозли зависимость наглядно обнаруживается в диаграмме, изображенной на рис. 80. А именно, оказывается, что если расположить все элементы в том порядке, в котором они следуют друг за другом в периодической системе, то квадратные корни из чисел колебаний испускаемых ими рентгеновых лучей располагаются на прямой линии.

Таким образом, закон Мозли дает нам возможность определить место каждого элемента в периодической системе(т.-е.

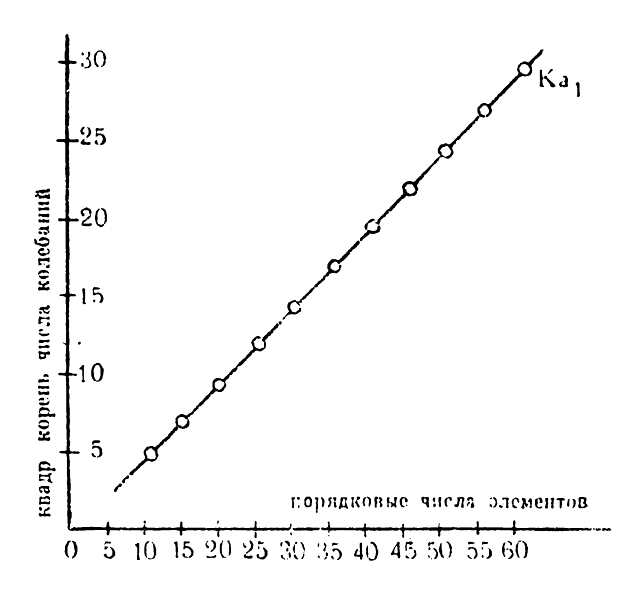


Рис. 80. Зависимость чисел колебаний рентгеновых лучей от порядковых чисел элементов.

его „порядковое число") независимо от его атомного веса и позволяет проверить всю периодическую систему. К каким результатам привела эта проверка? Прежде всего оказалось, что наша система построена совершенно правильно. В частности, в тех случаях, когда законы химической аналогии заставляют нас изменить порядок следования элементов друг за другом, по величине их атомных весов (как это пришлось нам сделать с аргоном и калием, теллуром и иодом, кобальтом и никкелем), наблюдается совершенно правильная последовательность порядкових чисел: так, напр., порядковое число теллура = 52, а иода = 53,

т.-е. иод действительно должен следовать за теллуром, хотя его атомный вес меньше атомного веса теллура. Далее оказалось, что все элементы редких земель должны следовать непосредственно друг за другом в периодической системе, составляя отдельную „группу“ периодической системы с порядковыми числами от 59 до 71. Наконец, из обзора порядковых чисел следует, что общее число возможных элементов ограничивается 92-мя (не считая изотопов). Из них известно до настоящего времени 89 (в новейшее время открыты были три элемента: гафний № 72, мазурий № 43 и рений № 75, а неизвестными пока остаются элементы № 85 — аналог иода, № 87 аналог цезия и № 61 — редкоземельный элемент).

Несомненно, однако, что в открытых Мозли порядковых числах элементов кроется более глубокий смысл, чем этого можно было ожидать на первый взгляд. Нам уже известно, что α-лучи поглощаются при прохождении через материю в гораздо большей степени, чем β-и γ-лучи. Особенно замечательно то, что при прохождении через воздух и другие газы они имеют ограниченную длину „пробега“, т.-е., пройдя определенный путь, — внезапно исчезают. Ретгерфорд объясняет это явление таким образом. Положительные α-частички, попадая в сферу влияния атома, отталкиваются положительным ядром и тормозятся. Из величины отклонения α-частичек ядрами различных элементов фон-ден-Брук заключил, что положительный заряд ядер равен порядковому числу элемента, если за единицу заряда принять заряд одного атома водорода. Но, с другой стороны, положительный заряд ядра должен равняться числу отрицательных электронов атома, из которых каждый носит на себе заряд, равный элементарному заряду водородного заряда. Следовательно, порядковое число определяет не только величину положительного заряда ядра, но также число электронов, входящих в состав атома.

Это важное заключение позволяет нам вникнуть в строение атомов различных элементов. Итак, атом водорода состоит из ядра, вокруг которого вращается один только электрон. В атоме гелия мы имели ядро, заряженное двумя единицами положительного заряда, и два электрона.

В атоме лития находим три электрона и т. д. Атом урана (порядковое число которого равно 92) должен состоять из ядра, заряженного 92 единицами положительного электричества, и из 92 электронов, вращающихся вокруг ядра по различным орбитам!

Еще более точные представления о строении атомов позволяют нам составить изучение спектров видимых лучей, испускаемых различными элементами под влиянием электрических разрядов в разреженном пространстве. Если, напр., ввести водород в стеклянную трубку со впаянными платиновыми электродами и, уменьшив давление газа в трубке до 10 мм., соединить оба электрода с полюсами индукционной катушки, то в трубке появляется под влиянием электрических разрядов красный свет. Пропуская этот свет через призму спектроскопа, мы наблюдаем пять

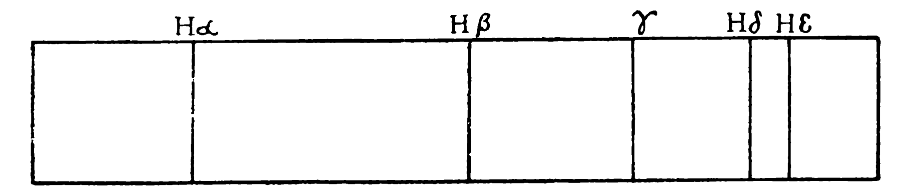


Рис. 81. Спектр водорода в гейслеровской трубке.

линий, длины волн которых последовательно равны: линия $H\alpha$: 656,3 $\mu\mu$; линия $H\beta$: 486,1 $\mu\mu$; линия $H\gamma$: 434,1 $\mu\mu$; линия $H\delta$: 410,2 $\mu\mu$ и линия $H\varepsilon$: 397,0 $\mu\mu$. Бор показал, что эти линии могут быть точно вычислены, если предположить, что под влиянием электрического разряда электрон, вращающийся вокруг ядра водородного атома, испытывает колебания между двумя орбитами вращения. Если, напр., электрон из третьей орбиты перескакивает во вторую, то получается линия $H\alpha$, если он перескакивает из 4-ой орбиты во вторую — линия $H\beta$, при перескакивании электрона из 5-ой орбиты во вторую — линия $H\gamma$ и т. д. На основании этой гипотезы Бор сумел вычислить и скорость вращения электрона вокруг ядра, и его расстояние от ядра. Оказалось, что скорость вращения электрона водородного атома = 217 километров в секунду (т.-е. около $^1/_{140}$ скорости света); радиус круга вращения электрона = 0,055 $\mu\mu$ (в полном согласии с величиной радиуса водородного атома, стр. 173).

В лекции VII-ой мы видели сколь мала величина атома. Мы видели, что если мы мысленно увеличим каплю воды до размеров земного шара, то отдельные ее частицы будут не больше биллиардных шаров. Во сколько раз меньше должна быть величина ядер и электронов? Если дадим волю фантазии и увеличим мысленно один атом водорода до размеров земного шара, то ядро водорода будет не больше детского мячика, а величина движущегося вокруг ядра электрона будет отвечать высоте какой-нибудь церкви. Отсюда видно, что большая часть пространства, занимаемого атомом, состоит из пустоты, „а лишь весьма незначительная часть атома“ заполнена „материей“.

Таким образом удалось выяснить строение водородного атома, модель которого изображена на рис. 82, до мельчайших подробностей. Подобным же образом, т. е. на основании изучения спектральных линий, выяснено было строение атомов гелия, лития и др. более тяжелых элементов. Конечно, в тех случаях, когда атом отличается более сложным строением и содержит значительное число электронов, гораздо труднее установить их расстояния от центра, чем для простого водородного атома. Однако, для всех почти элементов установлено взаимное расположение электронов по отношению друг к другу. Оказалось, что электроны более тяжелых элементов (начиная с лития и кончая ураном) расположены в нескольких шарообразных оболочках и что химический характер элемента, в особенности же его валентность, обусловливается теми электронами, которые расположены во внешней оболочке атома (Коссель).

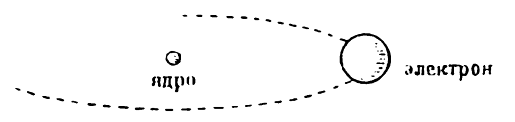


Рис. 82. Модель водородного атома.

Оставляя, однако, в стороне эти теоретические соображения, относящиеся к новейшей области науки: к химии ядер и к химии электронов, мы рассмотрим здесь новейшие достижения нашей теории строения атомов в вопросе о превращаемости элементов.

В лекции X-ой мы видели, что элемент не является больше веществом незыблемым, не подвергающимся ни в каких условиях разложению на вещества более простые.

Напротив, радий, торий, уран и все вообще радиоактивные элементы сами по себе распадаются на элементы более простые (т. е. обладающие меньшими атомными весами). Но этот распад наблюдается только у элементов с большими атомными весами (от 206 до 238), и он совершается без всякого участия с нашей стороны. Можем сказать больше: мы не в силах повлиять даже на скорость этого распада, которая не зависит, повидимому, ни от температуры, ни от давления, ни от других условий опыта.

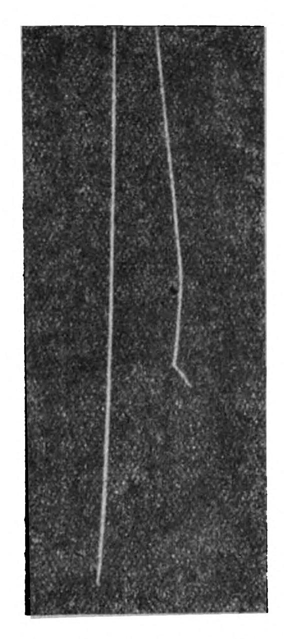


Рис. 83. Путь пробега α-лучей в воздухе по Вильсону.

Исходя из вышеизложенных соображений относительно строения атомов, впервые Ретгерфорд, совместно со своими сотрудниками Марсденом и Чедвиком, произвел опыты искусственного разложения легких элементов (не радиоактивных). В качестве источника энергии, необходимой для разложения элементов, эти исследователи пользовались энергией α-лучей радия. Мы видели, что если α-частица, пробегающая пространство со скоростью 20000 километров в секунду, попадает в сферу атома другого элемента, то она испытывает отклонение вследствие отталкивающего действия положительного ядра. Это отклонение, проявляющееся в изломе ее пути, изображено на рис. 83. Конечно, не все α-частицы испытывают подобное отклонение в конце пути их пробега. Большинство α-частиц пролетают между центральным ядром атома и окружающими его электронами. Только в редких случаях α-частицы попадают в непосредственную близость ядра. Если, однако, подобного рода столкновение происходит, то ядро атома, испытывающего толчок, должно получить согласно законам механики определенную скорость движения — тем большую, чем меньше масса самого ядра.

Эти соображения подтверждены были экспериментальным путем Марсденом. Этот экспериментатор пропускал пучок α-лучей через водород. В этих опытах, по методу сцинтилляций (стр. 286), можно было наблюдать образование

быстро летящих водородных ядер, величина пробега которых в $3^1/_2$ раза превосходила величину пробега α-частиц. Эти быстро летящие водородные ядра получили название частиц-Н. Масса этих частиц была определена Ретгерфордом по методу их отклонения в электрическом и в магнитном поле и действительно найдена равной единице, т. е. атомному весу водорода.

Подобные частицы-Н получаются не только при прохождении α-частиц через элементарный водород, но также при их прохождении через соединения водорода: водяной пар, тонкий слой воска и пр. Совершенно неожиданные результаты получены были при действии α-лучей на чистый азот. Пропуская α-лучи радия С через атмосферу чистого и тщательно высушенного азота Ретгерфорд наблюдал появление водородных ядер, вызывавших свечение сернистого цинка, в азоте. Тогда неопровержимым стал факт, что из азота под действием α-лучей образуется водород.

Этими опытами впервые было доказано, что можно искусственно разложить атомы легких элементов и что одним из продуктов их распада является водород.

Понятно, что в виду редкости попадания α-частиц в непосредственную близость ядер азота, количества водорода, полученного этим путем из азота, могут быть только крайне ничтожными. По расчету Ретгерфорда, из 300000 α-частиц только одна попадает в атом азота достаточно глубоко, для того, чтобы выбить из него водородное ядро. И поэтому, пока нет надежды на то, чтобы этим путем удалось разлагать элементы в весомых кочичествах. Только благодаря чрезвычайной тонкости примененного здесь впервые, в качестве реактива, метода сцинтиляций можно было установить факт разложения элемента—азота.

Ретгерфорд не ограничился в своих исследованиях одним только азотом. В новейшей работе, опубликованной вместе с Чедвиком, он подверг „бомбардировке“ α-частицами и другие элементы. Оказалось, что при этом подвергаются распаду еще следующие „легкие“ элементы:

бор, фтор, натрий, алюминий и фосфор [1]).

[1]) В 1925 году Ретгерфорд и Чедвик разложили тем же путем еще следующие элементы: неон, магний, кремний, хлор, аргон и калий

Все они под влиянием α-лучей испускают быстрые водородные ядра. Другие элементы, как, напр., литий, бериллий, углерод, кислород, магний, не поддаются в этих условиях разложению. Ретгерфорд полагает, что ядра атомов всех элементов построены из двух простейших видов: из атомов водорода и из атомов гелия, причем вероятно и атом гелия, в свою очередь, построен из 4 атомов водорода, сплоченных в одно целое. Если эта гипотеза подтвердится, тогда за основные строительные материалы всего мира придется признать:

положительное ядро водорода и отрицательный электрон.

Второй способ разложения элементов основан на применении весьма высоких температур. Вендт и Айрион пропускали токи сильного напряжения (около 30000 вольт.) через тонкую вольфрамовую нить, заключенную в безвоздушном пространстве. Вольфрамовая нить достигала в этих опытах температур, лежащих вблизи 20000°! После опыта в баллоне обнаружен был газ в количестве 1 куб. сантиметра. Исследование спектра показало, что этот газ — гелий. В этом опыте мы, следовательно, имеем пример разрыва атомов вследствие весьма высокой температуры.

Заканчивая этот отдел, нельзя не упомянуть о новейших попытках получения золота из ртути, хотя эти попытки находятся пока в стадии предварительных исследований и с некоторых сторон вызывают еще сомнения.

Мите и Штаммрейх исследовали в 1924 г. кварцевые лампы, бывшие долгое время в употреблении. В этих лампах в качестве проводника применяется ртуть, пары которой под влиянием электрических разрядов испускают свет, богатый фиолетовыми и ультрафиолетовыми лучами. Исследователи нашли, что ртуть, подвергавшаяся в кварцевых лампах действию электрических разрядов, содержит следы золота, а именно, около $\frac{1}{10}$ милиграмма золота на один килограмм ртути. Сначала казалось, что подобные незначительные количества могут составлять примеси продажной ртути. Но опыты в кварцевых лампах были проверены

с тщательно очищенной ртутью и дали те же результаты, которые были подтверждены также Нагаока (в Японии) [1].

С другой стороны, Смитс и Карсен сообщают, что они наблюдали в тех же условиях (т.-е. в кварцевой лампе) превращение свинца в ртуть и в таллий.

Содди, Антропов и Фаянс пытались доказать теоретически возможность превращения ртути в золото. В действительности, мы видели, что атом ртути отличается от атома золота лишь на единицу заряда ядра. Заряд ртутного ядра = 80, а заряд ядра атома золота = 79. Следовательно, с точки зрения теории строения атомов, превращение ртути в золото должно заключаться в том, что 1) атом ртути теряет один электрон и 2) ядро атома ртути теряет единицу положительного заряда (т.-е. одно ядро водорода). Так как ртуть состоит из нескольких изотопов с атомными весами от 197 до 204, то следовало ожидать, что золото, полученное искусственным путем из ртути, будет обладать другим атомным весом, чем природное золото. Однако, Генигшмид и Цинтль не могли обнаружить заметной разницы между атомными весами искусственного и природного золота.

Таким образом и здесь мы стоим лицом к лицу перед проблемами, разрешение которых должно составить задачу ближайшего времени [2].

ИСТОЧНИКИ.

Казимир Фаянс. Радиоактивность и новейшее развитие учения о химических элементах. Перевод Л. С. Поляка. Берлин. 1922 г.

Georg von Hevesy und Fritz Paneth. Lehrbuch der Radioaktivität. Leipzig 1923. Перев. А. Лукашука под. ред В. Г. Хлопина. НХТИ. 1925.

Leo Graetz. Die Atomtheorie in ihrer neuesten Entwickelung. Stuttgart. 1922.

[1] Произведенные в самое последнее время опыты Габера, Ризенфельда и др. показали правильность сомнений относительно результатов опытов Мите и Штаммрейха.

[2] Во время печатания настоящей книги появились замечательные опыты Панета над превращением водорода в гелий.

Harry Schmidt. Probleme der modernen Chemie in allgemeinverständlicher Darstellung. Hamburg. 1921. Русский перевод Г. Гутмана. Берлин. 1921 г. Русский перев. А. И. Смирнова под ред. Н. Н. Андреева. Госиздат. 1922 г.

А. Шток. Ультра-структурная химия. НХТИ. 1924 г.

Ф. Содди. Радий и его разгадка. Перев. с 4-го изд. Е. А. Толмачевой под ред. В. Г. Хлопина. НХТИ. 1924 г.

М. Центнершвер. Радий и радиоактивность. Перев. М. Снисаренко. Ленинград. Изд. Сеятель. 1925 г.

М. Центнершвер. Лекции по неорганической химии. Рига. 1923 и 1924 г. 2 тома.

N. Bohr. Abhandlungen über Atombau aus den Jahren 1913 — 1916. Uebersetzt von Dr. Hugo Stintzing. Брауншвейг. 1921 г.

E. Rutherford. Ueber die Kernstruktur der Atome. Baker-Vorlesung. Uebersetzt von Dr. Else Norst. Лейпциг. 1921 г.

Резерфорд. Лодж. Эддингтон. Атомы, электроны, эфир. Перев. В. З. Курбатовой и А. И. Михалевича под ред. В. Я. Курбатова. НХТИ. 1924 г.

Ф. В. Астон. Изотопы. Перев. В. Н. Баранова с приложением некоторых новейших работ Ф. В. Астона. НХТИ. 1924 г.

Chemiker-Kalender. Jahr 1925, redigiert von Walther Roth. Том 1, статья Гримма „О строении материи“.

Hans Petterson und Gerhard Kirsch. Atomzertrümmerung. Verwandlung der Elemente durch Bestrahlung mit α-Teilchen. 1926.

— —

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Вот мы и у конца! Нашу экскурсию мы можем сравнить с летней прогулкой в горы. Сначала мы поднимались по предгорьям. Удобные пути, невысокие горы — таково было начало нашей прогулки. Отовсюду, с каждого места пути мы легко могли обозревать всю окрестность. Но чем дальше мы углублялись в горы, тем более многочисленной массой окружали нас высокие горные вершины. Темные бездны глядели на нас справа и слева, а пути становились все круче и труднее. Едва удавалось нам достигнуть вершины одной горы, как пред нами открывался вид на новые горы, еще более высокие и еще круче вздымающиеся к небесам. Нами овладевало чувство сомнения, соединенного с удивлением: „Как велика, как необъятна природа! Сколь малым кажется человек, желающий ее постигнуть!"

Но не следует все-таки предаваться сомнениям. Турист, имеющий в своем распоряжении строго ограниченное время, прекрасно знает, что не сумеет пройти всего края от конца до конца. Он должен сделать выбор, должен ограничиться несколькими избранными видами, и воображение поможет ему нарисовать картину целого. Так и мы в короткий промежуток времени могли остановиться лишь на нескольких пунктах нашей науки, рассмотреть лишь некоторые виды. Целое недоступно даже для специалиста. Но я думаю, что и те несколько видов, которые мы успели осмотреть, вполне вознаградили нас за труд.

Когда большое общество отправляется в продолжительную экскурсию, то обыкновенно, по мере увеличения трудностей пути, некоторые участники отстают и возвращаются, и, наконец, от всего общества остается лишь небольшой кружок. Но тем выше ценит руководитель настойчивость тех, кото-

рые сумели достигнуть цели путешествия. Он чувствует признательность к тем, которые оказали ему доверие до конца, он благодарен им за понесенные труды.

Спасибо и Вам, за то, что Вы не оставили меня своим вниманием до конца нашего пути!

Когда я приступил к чтению этих лекций, многие спрашивали меня, какую они преследуют цель.

— „Будет ли это наука или развлечение?“.

— „Исключительно развлечение!“ отвечал я тогда.

И разве дурно желать развлечения? Разве унизительно оказывать ближним содействие в этом отношении?

Разве музыка, поэзия, театр, — всесильное божественное Искусство, — разве это все не игра? Да, но игра, которая поднимает человека к небесам!

Наука тоже есть своего рода искусство. Если она кажется нам менее доступной, чем другие виды искусства, то исключительно потому, что в ней форма сравнительно с содержанием играет второстепенную роль.

Когда я в свое время прислушивался к звукам оркестра Лейпцигского Gewandhaus'а, лозунг которого „Res severa verum gaudium“ (истинное удовольствие есть серьезное дело) — я видел, как весь зал отдался капельмейстеру, который своей магической палочкой извлекал чудные звуки из сотни инструментов. Все глаза были устремлены на него, уши поглощали его звуки, и все чувства сливались в одно мощное чувство, созданное этим маэстро...

Мне казалась тогда, что идеальная научная лекция тоже должна производить такое впечатление.

Это — идеал, неосуществимая мечта, цель, к которой можно стремиться, но которой невозможно достигнуть.

Однако, в течение этих часов, которые мы провели здесь вместе, я иногда замечал, как ваше внимание было посвящено мне исключительно. Я видел ясно, что предмет этого искусства, которое я старался по мере своих сил воспроизвести здесь перед вами, иногда вас поглощал. Я встречал не один блестящий взор, выражавший духовный подъем и наслаждение истиной. И поэтому я смею надеяться, что эти часы были не только часами забавы, но что они также заронили в Вашей душе зерно познания природы.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ.

А.

Абу-Мусса-Джафар-ал. Софи, 27.
Август II, 46.
Авогадро, Амедей, 162—164.
Агрикола, 46, 50.
Айрион, 320.
Ампер, 163.
Антропов, 321.
Аристотель, 23, 24, 26, 30, 45, 56, 63, 249.
Арнольд из Виллановы, 47.
Аррениус, Сванте, 221—226, 234.
Астон, 289, 304, 306, 307, 308.
Аубель, 116.

Б.

Байер, Адольф, 191, 192, 193, 197
Беккерель, А., 262, 279, 289.
Бергман, 218.
Бертело, М., 166, 173, 189, 190.
Бертолле, 80, 84, 218.
Берцелиус, 88, 89, 113, 114, 230, 248.
Беттхер, 46, 47.
Бипоф, 208.
Блэкк, 63, 70, 78, 84, 92, 129, 202.
Бойль, Роберт, 58, 65, 66, 69, 92, 127, 202.
Бор, 299, 316.
Боргман, И. И., 273.
Ботвуд, 289.
Брагг, 312.
Брандт, 62.
Бредиг, 226.
Бренштедт, 310.
Броун, 169, 172.
Брук, 315.
Бунзен, 173, 192, 203, 252, 255, 256.
Бутлеров, А. М., 185—188.
Бэкон, 31, 32, 57.

В.

Вааге, 203, 210.
Вавжинкевич, 198.
Валентин, Василий, 32, 44, 45, 47.
Вальден, П. 208, 213, 214, 225.
Ван-Гельмонт, 51 54, 62, 91, 120, 249, 288.
Вант-Гофф, Я. Г., 201—210, 212—214, 223, 224, 230.
Варрентрап, 115.
Велер, Ф., 112, 113, 119, 120, 122, 124, 178, 184, 185, 189, 195.
Вендт, 320.
Видеман, 203.
Виктор Эммануил, 162.
Вилланованус, Арнольд, 32
Вилль, 115.
Вильсон, 171.
Винклер, 256, 257.
Вислиценус, И. 209.
Витте, 257.
Вольта, Александр, 94, 95.
Вольф, Христиан, 71.
Врублевский, 104, 260.
Вуд, 294.
Вульстен, 173.
Вульф, 273.
Вюрц, 185, 187, 207, 253.

Г.

Габер, 321.
Гален, Клавдий, 24, 50, 51.
Галилей, 31, 57.
Гальвани, Людовик, 92, 93, 94.
Гампсон, 260, 261.
Ган, 291.
Гаркинс, 310.
Гебер, 27, 31, 38, 43, 44, 59.
Гевеши, 210.
Гейтель, 273.
Гельм, 141.
Гельмгольтц, 140, 203.
Генигшмид, 321.
Geoffrey, 219.
Герике, 63.
Германн, 208.
Гете, 31.
Гиллебрандт, 260.
Гиппократ, 217.
Гитторф, 236.

Гладстон, 250.
Глаубер, 61.
Гледич, 294.
Гмелин, 113.
Годлевский, 290.
Гольдштейн, 304.
Горстманн, 203.
Гофманн, А. В., 116, 119, 124, 164.
Гофман, Карл Генрих, 110.
Гребе, 192.
Грей, 295.
Гульдберг, 203, 210.
Гумбольдт, Александр, 114, 163.
Густавсон, Г. Г., 188.
Гэ-Люссак, 111, 112, 114, 163, 202.
Гюйгенс, 279.
Гюстенгефер, 37.
Гютон де-Морво, 84.

Д.

Дальтон, 132, 156, 157, 162, 163, 250.
Даныш, 272, 279.
Деберейнер, 250.
Дебнерн, 266, 269, 290.
Дебрэ, 236.
Девиль, Сен-Клер, 236.
Демокрит, 150, 157.
Демпстер, 308.
Де-Фриз, 212.
Джауль, Джемс Прескотт, 131—133, 134, 138, 139, 140, 147.
Дзержговский, 198.
Дэви, Гёмфри, 95—105, 130, 131, 202.
Дюар, 269.
Дюма, 164, 248, 250, 253.
Дюринг, Евгений, 134.

Е.

Ерофеев, 243.

Ж.

Жерар, 178, 253.

З.

Зибер, Н. 198.
Зигмонди, 168, 173.
Зидентопф, 168.
Зинин, 186.

К.

Камерон, 294.
Кампбель, 294.
Канниццаро, 235.
Карсен, 321.
Кауфманн, 279.
Кекуле, А., 179, 182, 185, 187, 192, 204, 205.
Кельвин, 170.
Кернбаум, 271.
Кирхгоф, 252, 255, 256.
Клаус, 186.
Кнапп, 125.
Кольбе, 208.
Коперник, 31, 57, 81.
Копп, 32, 54, 205, 252.
Коссель, 317.
Костанецкий, С., 199.
Коши, 162.
Кремерс, 250.
Крукс, 249, 278, 279, 283, 284.
Крупп, 87.
Купер, 185.
Кэвендиш, 63, 92, 202.
Кювье, 65.
Кюри-Склодовская, М. 262—266, 269, 286—288, 290, 293, 294.
Кюри, П., 262—266, 269, 297.

Л.

Лаборд, 269, 271.
Лавуазье, 70, 74—82, 84, 85, 86, 92, 99, 111, 128, 136, 143, 145, 147, 153, 162, 242, 249, 258.
Ланглей, 296.
Лауэ, 312.
Лачинов, 243.
Леблан, 226.
Левин, 294.
Лекок де Буабодран, 256, 257.
Лемберг, 216
Леопольд I, 58.
Ле Шателье, 263.
Либерман, 192.
Либих, 109—113, 119, 122—125, 138, 178, 184, 185, 193, 195.
Лойсен, 250.
Локиер, 249, 260.
Ломоносов, 70, 71, 72, 73, 74, 202.
Лондон, 274.
Лоран, 178, 253.
Лошмидт, 169.
Людовик, 14.

М.

Магнус, Альберт, 30, 32.
Майер, Роберт, 131, 134—141, 143, 147.
Майов, 78.
Мак-Леннан, 294.
Марквальд, 287.
Марковников, В. В., 188.
Марсден, 318.
Мархлевский, 198, 199.
Мах, Э., 233.
Мейер, Виктор, 164.
Мейер, Лотар, 251.
Менделеев, 251—255, 257, 259, 291, 301, 302, 303, 313.

Меншуткин, Б. Н., 73, 74, 189.
Меншуткин, Н. А., 188.
Мидас, 18.
Миллер, Г., 205.
Мите, 320, 321.
Мозли, 299, 313, 314, 315.
Моисей, 25.
Мольденгауэр, Г., 114.
Морозов, Н. А., 249, 252.
Муассан, А., 236—244.
Мюлленфельс, фон, 38.

Н

Нагаока, 321.
Наполеон, 95.
Натансон, Я., 190.
Ненцкий, Маркелл, 196—199.
Нернст, 225, 226.
Нильсон, 256, 257.
Нипс-де-Сан Виктор, К. Н., 262.
Ньюлендс, 251.
Ньютон, 104, 278, 279.

О.

Обербек, 173.
Ольденбургский, 198.
Ольшевский, 104, 258, 260.
Ортогаз, 115.
Оствальд, В., 141, 176, 201, 214—217, 220—223, 226—234, 288.

П.

Панет, 321.
Парацельз, Теофраст Бомбастус фон Гогенгейм, 48, 49, 50, 51, 52, 56, 120.
Парис, 103.
Пастер, 207.
Перкин, 190.
Перрен, 169.
Петтенкофер, 250.
Планк, 171.
Плиний, Старший, 20.
Поггендорф, 137, 202.
Польэе, 75.
Понсе, 75.
Пристлей, 63, 70, 78, 84, 258.
Проут, 248.
Пру, Иосиф Людовик, 153, 299, 303, 311.
Птоломей, 81.
Пуанкаре, 297.
Пфеффер, 211, 212.

Р.

Раймунд Лулл, 32.
Рамзай, 171, 258—261, 281, 282, 294, 295.
Ранкин, 137.
Рау, А., 232.
Регенер, 172.
Рей, 78.
Рейлинг, 109.
Рентген, 165, 166, 173, 262.
Ретгерфорд, 172, 275, 281, 284, [illegible], 299, 312, 315, 318, 319, 320.
Ризенфельд, 321.
Рихтер, Иеремий Веньямин, 158.
Роско, 256.
Рудольф II, 37.
Румфорд, 85, 100, 129, 130, 131.
Руэр, 294.
Рэлей, 258, 260.

С.

Сведберг, 169.
Свинне, 291.
Сендзивой, Михаил, 37, 38.
Сетоний, Александр, 36, 37, 38.
Сидо, 283.
Смитс, 321.
Смолюховский, 169.
Содди, 171, 275, 281, 287, 301, 321.
Соколов, А. П., 273.
Спринг, 166, 173.
Стас, 248.
Стретт, 280, 295.

Т.

Тенар, 111.
Тиндаль, 130, 168.
Томсен, Ю., 221.
Томсон, 106, 225, 306, 308.
Торичелли, 63.
Траверс, 260, 261.
Турнейссер, 34.

Ф.

Фарадэй, 100—106, 122, 127, 171, 173, 202, 224.
Фаянс, 301, 321.
Фердинанд II, 57.
Фишер, Э., 193—196.
Флиндерс-Петри, 19.
Франкланд, 180.
Фрауенгофер, 255, 256.
Фуркруа, 84.

Х.

Хвольсон, 168.
Хлопин, В. Г., 297.
Христиан II, 37.

Ц.

Циммерман, 114, 115.
Цинтль, 321.

Ч.

Чедвик, 318, 319.
Чирнгаузен, 46, 47.

Ш.

Шееле, 63, 70, 84, 90, 258.
Шерер, 115.
Шмидт, К. 216, 217, 290.
Шталь, [illegible], 68, 81.
Штаммрейх, 320, 321.
Штекгарт, 191.
Штреккер, 115.
Шумахер, 72.
Шуик, 198.

Э.

Эйлер, 58, 73.
Эйнштейн, 169.
Эльстер, 272, 273.
Эмпедокл, 217.
Энглер, Карл, 35.
Эренгафт, 171
Эттинген, 216.

Ю.

Юнг, 259.

эхи текстильной химии.
Я. Что такое хим. война и хим. обор. 1924. Ц. 15 к.
кон Д. И. Менделеева. 1925. Ц. 6 р. 25 к.
лия коллоидов и студней и их исследов. в техн 1925. Ц. 2 р. 80 к.
С, акад Введ в физико-химический анализ. 1925. Ц. 1 р. 85 к.
ьер Кюри. Пер. С. А. Щукарева. 1924. Ц. 85 к.
В. Таблицы логарифмов для химиков, фармацевтов, врачей и
ков. Перевод И. П. Красникова. 1924. Ц. 1 р 25 к.
П., акад. Гельмгольтц. 1925 Ц 2 р 40 к.
летов, Умов, Лебедев, Голицин. 1926. Ц. 1 р.
Отравляющие вещества в военном деле. 1924. Ц. 14 к.
сиңг Ф. Ю., акад. Петрография. 1925. Ц. 5 р. 25 к.
С. Белянкин. Петрографич. таблицы. 1926. Ц. 2 р. 60 к.
нергия и энтропия. 1924. Ц. 65 к.
Принцип относительности. Пер. под ред. проф. Я. Френкеля. Ц. 85 к.
К. Словарик названий химических реактивов. 1924. Ц. 1 р. 10 к.
Металлургия чугуна, железа и стали. Т. III. ч. I. 1926. Ц. 7 р. 75 к.

Лукашук, А. Гелий, его применение и добывание. 1925. Ц. 60 к.
Людевик, П. Радиоактивность. 1926 Ц. 1 р.
Лялин, Л. М. Химич. техн. орг. вещ. Ч II, вып. III. 924. Ц. р. 40 к.
Его же. Химия хлеба. 1926. Ц 1 р. 50 к.
Мантель, К. Производство угольных электродов. Пер. под ред. П. П. Федотьева. 1926. Ц. 1 р. 35 к.
Маркович, М. Б Производство колесной мази. 1926. Ц. 85 к.
Меншуткин., Б. Н. Карбоциклические соединения. 1926. Ц. 6 р. 50 к.
Монахов, А. Д Как надо мочить лен. 1925. Ц. 35 к.
Мухачев, В. С. Средства химического нападения. 1924. Ц. 25 к.
Наумов, В. А. Химия коллоидов. 1925. Ц. 3 р. 50 к.
Некрасов, В В. Химия отравляющих веществ. 1926. Ц. 2 р 50 к.
Нессельштраус, Г. З. Быстрорежущая сталь. 1924. Ц. 1 р. 20 к.
Никитин, Н И. Очерки по химии древесины 1926. Ц. 2 р. 25 к.
Его же. Химическая переработка древесины. 1924. Ц. 1 р. 20 к.
Ногин, К. И. Смолокуренно-скипидарное производство. 1924. Ц. 1 р. 20 к.
Его же. Дегтекурение. 1925. Ц 60 к.
Его же Сухая перегонка дерева листвен. и хвойных пород 1926. Ц. 5 р. 80 к.
Окнов, М. Г. Производство металлов и их основные свойства. 1925. Ц. 1 р. 45 к.
Омелянский, В. Л., акад. Микрооргач., как химич. реакт. 1924. Ц. 60 к.
Ост, Г. Химическая Технология. Вып. I. Красящие и волокнистые вещества. Под ред. А. Е. Порай-Кошица. 1924. Ц. 1 р 30 к Вып. II. Металлургия. Перев. под ред. и с допол. А. Л. Бабошина. 1925. Ц. 1 р. 25 к. Вып III. Строительные и вяжущие материалы. Стекло. Керамика. Перев. под ред. Н. Ф. Пономарева. 1925. Ц. 1 р. 35 к. В. IV. Теплота, холод. Основная хим. пром. 1927. Ц. 4 р. 15 к.
Оствальд, В. Краткое руководство по коллоидн. химии. Пер. О. Радченко-Шмид под ред. Бызова 1925. Ц 1 р. 75 к.
Павлов, М. А. Металлургия чугуна. Вып. I. 1924. Ц. 2 р. 25 к.
Рабинович. А. Что каждый должен знать по химии. 1925. Ц. 50 к.
Радецкий, П. С. и Никитин, В. А. Логарифмическая линейка. 1925. Ц. 1 р. 50 к.
Радциг, А. А. Джемс Уатт и изобретение паровой машины. 1924. Ц. 1 р. 10 к.
Резерфорд, Лодж. Эддингтон. Атомы, электроны, эфир. 1924 Ц. 1 р. 15 к.
Рюмплер, А. Сахарное производство. 1924. Ц. 10 р.
Сальдау, П Я Применение удушливых газов для истребления вредителей сельского хозяйства. 1924. Ц. 40 к.
Сборник памяти Л. А. Чугаева. Под ред. акад. В. Н. Ипатьева. 1924. Ц. 2 р
Свен, П. В. Азбука горения. 1925. Ц. 50 к.
Селяков, Н. Я. Техника и рентгеновы лучи. 1925. Ц. 1 р. 10 к.
Сборник докладов IV Менделеевского съезда. 1926. Ц 3 р. 25 к.
Слоссон, Э. Созидающая химия. Перев. под редакц. проф. В. Н. Верховского Вып. I Газовая война. 1925. Вып. II. Азот и война. 1925. Вып. III. Металлы старые и новые. 1925. Вып. IV. Электрическая печь и химическая промышленность. 1925 Вып. V. Каменноугольные краски. 1925.
Содди, Ф. Радий и его разгадка. Перев. с 4 изд. Е. Толмачевой под ред. В. Г. Хлопина. 1924. Ц. 2 р.

Цена 2 р. 75 к.

21и.

Р.

Сообщения о научно-технических работах в Республике. Вып. XII. 1924. Ц. 90 к. Вып. XIII. 1924. Ц. 90 к. Вып. XIV. (IV Съезд русских физиков). 1924 Ц. 2 р. Вып. XV (Второй Съезд научных деятелей по металл.). 1924 Ц. 2 р. Вып. XVI (Двенадц. Всеросс. Водопр. и санит. технич. Съезд). 1925. Ц. 3 р. 25 к. Вып. XVII. 1925. Ц. 1 р. 35 к. Вып. XVIII. 1925. Ц. 1 р. 20 к. Вып. XIX. 1925. Ц. 65 к. Вып. XX. (IV Межд. съезд). 1925. Ц. 3 р. 25 к. Вып. XXI. 1926. Ц. 70 к.

Справочник Отдела Химической Промышленности имени Л. Я. Карпова. Вып. IV. А. Е. Порай-Кошица при участии Д. Н. Грибоедова. Производство органических красящих веществ. 1924. Ц. 12 р. 50 к.

Тананаев, Н. А. Капельный метод качеств. хим. анализа. 1926. Ц. 1 р. 50 к.

Тредвелл, Ф. Таблицы качественного химического анализа. Пер. Е. Д. Воловой с предисловием М. А. Блох. 1924. Ц. 1 р. 10 к.

Турпаев, М. А. Практика посола сельди в Астрахани. 1922. Ц. 2 р. 75 к.

Уинни, У. О знач. работ русских химиков для мировой химии. 1924. Ц. 35 к.

Успехи Биологической Химии. Под ред. акад. В. Л. Омелянского. Вып. I. 1924. Ц. 3 р. 25 к. Вып. II. 1925. Ц. 3 р. Вып. III. 1926. Ц. 2 р. 70 к. Вып. IV. 1926. Ц. 4 р. 10 к.

Успехи современного дизелестроения. Под ред. В. Ю. Гиттиса. 1924. Ц. 4 р.

Успехи тепловой техники. Под ред. проф. А. А. Радцига. 1924. Ц. 3 р.

Федоровский, Н. М. Опыт прикладной минералогии. 1924. Ц. 2 р.

Его же. Главн. минер., употребл. в хим. промышл. 1925. Ц. 55 к.

Его же. Минеральн. богатства СССР и перспек. их использ. 1925. Ц. 55 к.

Его же. На Урале. 1926. Ц. 1 р. 50 к.

Федотьев, П. П. Техн. анализ минер. вещ. Ч. I, 1922. Ц. 1 р. — Ч. II. 1924 Ц. 1 р. 75 к. — Ч. III, 1925. Ц. 2 р. — Ч. IV. 1926. Ц. 1 р. 70 к. — Ч. V. 1926 Ц. 2 р. 35 к.

Его же. Крупная химическая промышленность за последнее десятилетие. 1925. Ц. 1 р. 50 к.

Ферсман, А. Е., акад. Химические проблемы промышленности. 1924. Ц. 25 к.

Фланкерман, Ю. Н. Фосфоритовые удобрения и их производство в СССР. 1925. Ц. 30 к.

Фосфориты, как непосредственное удобрение. 1925. Ц. 3 р.

Фрейндлих, Г. Коллоидная химия и биология. 1926. Ц. 35 к.

Фридлендер, Р. Г. Целлулоид, его свойства и применение. 1925. Ц. 30 к.

Хевеши, Г. В. и **Панет, Ф.** Радиоактивность. Пер. А. Лукашука под ред. В. Г. Хлопина. 1925. Ц. 3 р. 10 к.

Хейфец, И. Я. Патентное право. 1924. Ц. 4 р. 40 к.

Химико-Технический Справочник. Ч. I. **Ископаемое сырье.** Под ред. акад. А. Е. Ферсмана и Д. И. Щербакова. 1925. Ц. 4 р. Ископаемое сырье по экономическим областям СССР. Вып. II. Ц. 5 р. 75 к.

Хлопин Г. В. Оборона в химической войне 1924. Ц. 26 к.

Его же. Химическая промышленность и народное здоровье. Часть I. 1920. Ц. 50 к. Часть II. 1921. Ц. 50 к. Часть III. 1922. Ц. 25 к. Часть IV. 1924. Ц. 1 р.

Его же. Военно-санитарные основы противогазового дела. 1926. Ц. 2 р. 50 к.

Чечотт, О. Обогащение полезных ископаемых. Вып. I. 1924. Ц. 3 р. 25 к. Вып. II. 1925. Ц. 3 р. 45 к.

Чугаев, Л. А. Д. И. Менделеев. 1924. Ц. 55 к.

Шварц, Р. Химия неорганических комплексных солей. 1926. Ц. 80 к.

Шварц, Г. и **Лауппер, Г.** От обугливания сена к образованию угля в природе. 1926. Ц. 1 р. 35 к.

Штаудингер, Г. Качественный органический анализ. 1926. Ц. 1 р. 40 к.

Шток, А. Ультра-структурная химия 1924. Ц. 70 к.

Эгли-Рюст. Несчастные случаи при хим. раб. 1926. Ц. 1 р. 45 к.

Эльманович, Н. А. Современные способы очистки питьевой воды. 1925. Ц. 1 р. 10 к.

Эмих, Ф. Микрохимический анализ. Пер. 1926. Ц. 2 р. 20 к.

Яковкин, А. А. Основные законы и понятия химии. Вып. I, 1923. Ц. 1 р. 50 к. Вып. II. 1925. Ц. 45 к.
